



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA -UniCEUB**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

**ADAMS MOURÃO ARAÚJO**

**CONTROLE DE TEMPERATURA AUTOMATIZADO PARA AQUÁRIOS**

**Orientadora: M.C. Maria Marony Sousa Farias**

Brasília  
Julho, 2013

**ADAMS MOURÃO ARAÚJO**

**CONTROLE DE TEMPERATURA AUTOMATIZADO PARA AQUÁRIOS**

Trabalho apresentado ao Centro  
Universitário de Brasília  
(UniCEUB) como pré-requisito  
para a obtenção de Certificado de  
Conclusão de Curso de Engenharia  
de Computação.

Orientador: **M.C. Maria Marony**

**Sousa Farias**

Brasília

Julho , 2013

**ADAMS MOURÃO ARAÚJO**

**CONTROLE DE TEMPERATURA AUTOMATIZADO PARA AQUÁRIOS**

Trabalho apresentado ao Centro  
Universitário de Brasília  
(UniCEUB) como pré-requisito  
para a obtenção de título de  
Conclusão de Curso de Engenharia  
de Computação.

Orientador: **M.C. Maria Marony**

**Sousa Farias**

Este Trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Engenheiro de Computação,  
e aprovado em sua forma final pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas -  
FATECS.

---

Prof. Abiezer Amarília Fernandes  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof.<sup>a</sup> Maria Marony Sousa Farias, Mestre em Engenharia Elétrica.  
Orientadora

---

Prof. Miguel Arcanjo Bacellar Goes Telles Junior, Doutor em Geologia.  
UniCEUB

---

Prof. Luís Cláudio Lopes de Araújo, Mestre em Matemática.  
UniCEUB

---

Prof.<sup>a</sup> Valéria de Assis Vasconcelos, Mestre em Química.  
UNICAMP

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus.

A toda minha família, em especial aos meus pais, pelo apoio e incentivo ao longo do curso.

A minha esposa Elaine Cardoso, pelo apoio e motivação.

A todos os professores do curso de Engenharia da Computação, em especial a minha orientadora Maria Marony, pelo incentivo e orientação durante realização do projeto.

A todos os colegas que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento do projeto.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS E QUADROS.....</b>	<b>X</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 – Apresentação do Problema.....	14
1.2 – Objetivos do Trabalho.....	14
1.3 – Justificativa e Importância do Trabalho.....	14
1.4 – Escopo do Trabalho.....	15
1.5 – Estrutura do Trabalho.....	16
<b>2- APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
2.1– Aquarofilia.....	17
2.2– Descritivo do Problema.....	17
2.3 – Proposta para Solução do Problema.....	18
2.4 – Motivação.....	18
2.5 – Soluções Existentes.....	19
2.5.1 – Termostato.....	19
<b>3 - BASES METODOLÓGICAS PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>20</b>
3.1 – Potencia Elétrica.....	20
3.1.1 – Dissipação em Resistores.....	21
3.1.2 – O Efeito JOULE.....	22
3.2 – Fenômenos de Transferência de Calor.....	22
3.2.1 – Condução.....	23
3.2.2 – Convecção.....	24
3.2.3 – Radiação.....	25
3.3 – Quantidade de Calor.....	25
3.3.1 – Calor Sensível.....	26
3.3.2 – Calor Latente.....	27
3.4 – Vazão.....	28

<b>4 – DESCRIÇÃO TÉCNICA DE HARDWARE E SOFTWARE.....</b>	<b>29</b>
4.1 – Microcontrolador PIC16F877A.....	29
4.1.1 – Diagrama de Pinos Pic16f877A.....	30
4.1.2 – Recursos do Dispositivo.....	31
4.1.3 – Conversor A/D.....	32
4.2 – Kit CLP PIC40-V3.....	33
4.2.1 – Especificações Técnicas CLP PIC40-V3.....	34
4.2.2 – Lista de Materiais Utilizados na Montagem da Placa.....	35
4.3 – Display LCD.....	36
4.4 – Kit de Gravação do Código no PIC.....	38
4.5 – Sensor LM35.....	38
4.6 – Reservatório e Caixa Plástica.....	41
4.7 – Radiador.....	42
4.8 – Cooler.....	43
4.9 – Bomba D’água.....	44
4.10 – Resistência.....	45
4.11 – Sirene.....	46
4.12 – Fontes de Alimentação.....	47
4.13 – Termômetro Digital.....	50
4.14 – PIC C Compiler.....	50
<b>5 – IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO.....</b>	<b>52</b>
5.1 – Protótipo.....	52
5.2 – Programação e Gravação do Código.....	57
5.2.1 – Diagrama de Atividades do Sistema.....	59
5.3 – Funcionamento.....	60
5.3.1 – Testes e Resultados.....	61
5.4 – Dificuldades.....	63
5.5 – Custos.....	64
<b>6 - CONCLUSÕES.....</b>	<b>65</b>
6.1 - Conclusões.....	65
6.2 - Sugestões para Trabalhos Futuros.....	65

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE A – CÓDIGO EM C.....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE B – BIBLIOTECA DISPLAY.....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE C – ESQUEMA DO PROTÓTIPO.....</b>	<b>83</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1 - Esquema do Projeto.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 4.1 - Diagrama de Pinos do PIC 16F877A.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 4.2 - Imagem Superior do Microcontrolador PIC16F877A.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 4.3 - Imagem Inferior do Microcontrolador PIC16F877A.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 4.4 - CLP PIC40-V3.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 4.5 - Display LCD.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 4.6 - Display LCD.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 4.7 - PICKIT2.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 4.8 - Sensor LM35DZ.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 4.9 - Sensor LM35DZ, Diagrama de Conexões.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 4.10 - Gráfico de Tensão e Temperatura.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 4.11 - Reservatório.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 4.12 - Caixa de Plástico.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 4.13 - Radiador- vista frontal.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 4.14 - Radiador – vista lateral.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 4.15 - Cooler 12V.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 4.16 - Bomba Submersa ATMAN.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 4.17 - Resistência/Aquecedor 12V.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 4.18 - Sirene do tipo BUZZER.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 4.19 - Fonte de alimentação INDELETRA 12V 10<sup>a</sup>.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 4.20 - Fonte de alimentação MULTITOC 12V 1.0A.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 4.21 - Filtro de Linha .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 4.22 - Extensão simples de 3 saídas.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 4.23 - Termômetro digital.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 4.24 - Programa C COMPILER.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 5.1 - Adaptação da placa e LCD.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 5.2 - Sensor LM35.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 5.3 - Adaptação do Reservatório e Radiador.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 5.4 - Montagem do Protótipo.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 5.5 - Ligação dos Componentes na Placa.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 5.6 – Sirene.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 5.7 - Biblioteca do Modulo LCD.....</b>	<b>58</b>



<b>Figura 5.8 - Imagem da Simulação Executada no ISIS PROTEUS.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 5.9 - Diagrama de Atividades do Sistema.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 5.10 - Imagem do Protótipo.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 5.11 - Imagem do Protótipo em Teste.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 5.12 - Placa com Resistência Acionada.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 5.13 - Imagens Realizadas Durante os Testes.....</b>	<b>62</b>

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

<b>Quadro 4.1 - Recursos do Microcontrolador.....</b>	<b>31</b>
<b>Quadro 4.2 - Lista De Materiais.....</b>	<b>35</b>
<b>Quadro 4.3 - Recursos do Display.....</b>	<b>37</b>
<b>Quadro 5 - Preços Dos Produtos Adquiridos.....</b>	<b>64</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**$\Omega$**  - Ohms

**A** – Ampère

**A/D** - Analógico / Digital

**BIT** - Binary Digit

**bps** - bit por segundo

**C** – Celsius

**CCS** - Custom Computer Service

**EEPROM** - Erasable Electronically Programmable Read Only Memory

**GND** - Ground (Terra)

**LCD** - Liquid Cristal Display

**PIC** - Programmable Interface Controller

**RAM** - Random Access Memory (Memória de Acesso Aleatório)

**V** - Volts

**VCC** - Positive Supply Voltage (Tensão de Alimentação Positiva)

## RESUMO

Este trabalho apresenta um dispositivo capaz de automatizar o controle de temperatura para aquários, efetuando a monitoração e o ajuste necessário para que a temperatura se mantenha dentro dos valores definidos. O sistema também possui um dispositivo sonoro, utilizado para alertar, caso a temperatura atinja valores que ponham em risco a vida do cardume. Para realização do proposto são utilizados um microcontrolador em uma placa de desenvolvimento CPL com display LCD, um sensor LM35, uma resistência e uma bomba elétrica. O dispositivo faz a leitura da temperatura atual através do sensor LM e dá início ao tratamento adequado, caso a temperatura esteja fora dos padrões estabelecidos. Todo sistema é controlado por um microcontrolador PIC16F877A programado por um código desenvolvido em linguagem C.

Palavras Chave: Automatizar, Temperatura, CLP, sensor LM35, PIC16F877A e C.

## **ABSTRACT**

This work presents a device capable of automating temperature control for aquariums, performing monitoring and adjusting is necessary to ensure that the temperature is kept within the defined values. The system also has a sound device, used to warn, if the temperature reaches values that put at risk the life of the shoal. For achievement of the proposed are used a microcontroller in a CPL Development Board with LCD display, an LM35 sensor resistance and an electric pump. The device makes the current temperature reading through the sensor LM and the appropriate treatment, if the temperature is outside the standards set. Every system and controlled by a PIC16F877A microcontroller programmed by a code developed in C language.

**Keywords:** Automate, temperature sensor LM35, CLP, PIC16F877A, and C.

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 – Apresentação do Problema

O aquarismo é um *hobby* que atrai cada vez mais adeptos e assim como qualquer outro hobby que envolve a criação de peixes ornamentais, possui diversos problemas nos quais podemos destacar: a alteração repentina de temperatura, o aparecimento de fungos e bactérias entre outros que podem por em risco a saúde dos peixes. Por esta razão, a elaboração deste projeto tem como principal objetivo a criação de um protótipo capaz automatizar a controle de temperatura do aquário.

### 1.2 – Objetivos do Trabalho

O objetivo geral deste projeto é automatizar o controle de temperatura de um protótipo de um aquário, fazendo com que a temperatura permaneça entre valores de máxima e mínima, previamente definidos.

O objetivo específico deste projeto consiste na criação e apresentação de um protótipo de dispositivo automatizado para aquários, que controle a temperatura da água do recipiente.

### 1.3 – Justificativa e Importância do Trabalho

A alteração repentina de temperatura em um aquário pode ocasionar a morte dos peixes, pois algumas espécies de peixes não suportam fortes variações térmicas.

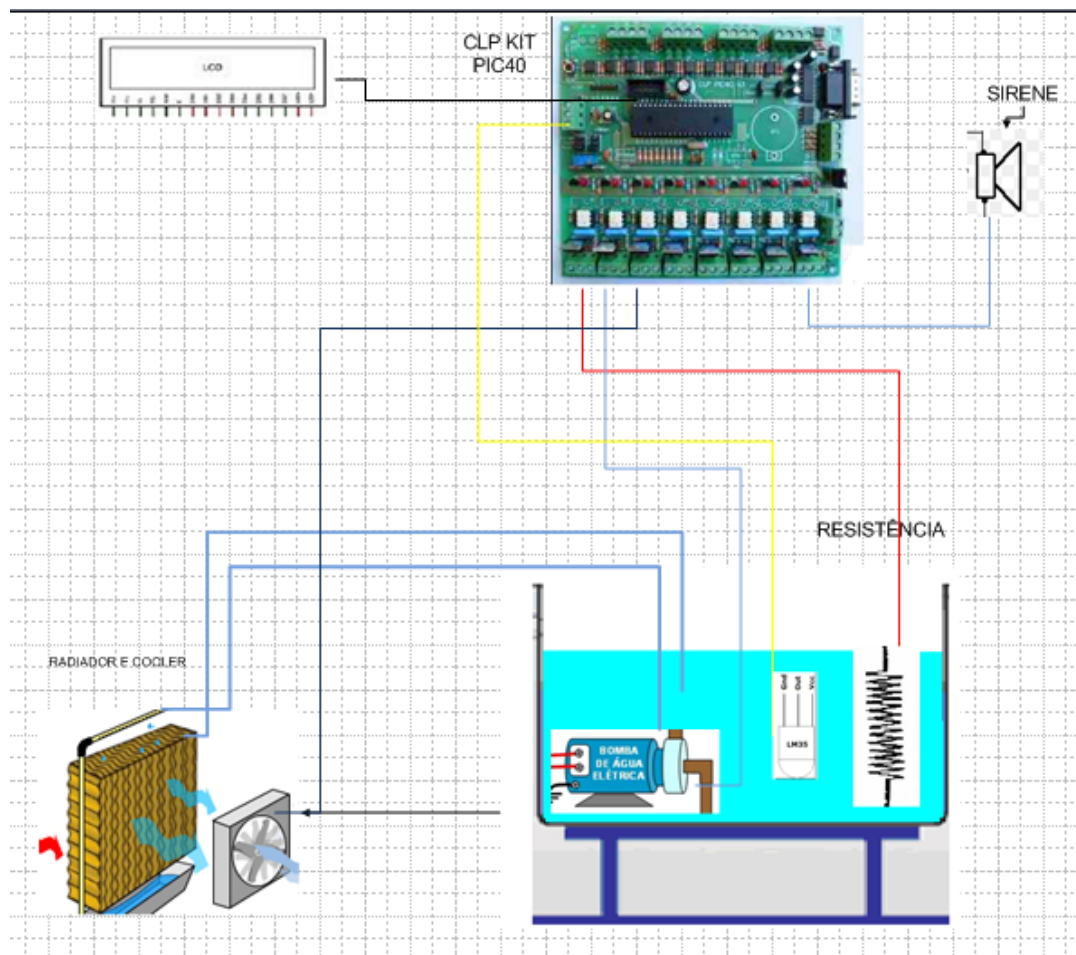
A automação de sistema de controle de temperatura traz uma maior comodidade, pois além de aumentar a segurança térmica do aquário, diminui o trabalho do criador, uma vez que não se faz necessário a observação constante no termômetro.

## 1.4 – Escopo do Trabalho

Este projeto tem por finalidade desenvolver um protótipo capaz de estabilizar a temperatura da água do recipiente, fazendo com que a temperatura fique no intervalo de 26° a 30° C, e estes valores não poderão ser alteradas por comandos de entrada. Não será foco deste trabalho solucionar problemas relacionados ao nível de acidez da água ou proliferação de fungos e bactérias no interior do recipiente.

Problemas relacionados ao convívio entre espécies distintas de peixes também não será foco deste trabalho.

A figura 1.1 mostra o esquema do projeto.



**Figura 1.1 – Esquema do Projeto**

(Fonte: Autor)

## 1.5 – Estrutura do Trabalho

Esta monografia é composta por seis capítulos, iniciando com a INTRODUÇÃO onde é especificada a introdução do projeto, no qual demonstra a motivação, objetivos gerais e específicos aplicados sobre o projeto.

No segundo capítulo é apresentado a DESCRIÇÃO DO PROBLEMA de forma mais específica e qual a solução é aplicada pelo projeto.

No terceiro capítulo é apresentado o REFERENCIAL TEÓRICO, no qual são demonstrados as formulas e referências utilizadas na resolução do problema de forma aplicada.

No quarto capítulo é apresentado toda DESCRIÇÃO DO HARDWARE E SOFTWARE, acerca de especificações técnicas de componentes eletrônicos e softwares utilizados no desenvolvimento do protótipo.

No quinto capítulo é apresentado toda IMPLEMENTAÇÃO utilizada para o correto funcionamento do protótipo, a programação utilizada na CLP, as experiências realizadas, resultados dos testes e dificuldades.

No sexto capítulo é apresentado a CONCLUSÃO do projeto de forma a demonstra o resultado final obtido e as SUGESTÕES de implementações para projetos futuros.



## **CAPÍTULO 2 - APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA**

### **2.1 – Aquarofilia**

A aquarofilia ou aquarismo é um *hobby* que abrange a criação de peixes, plantas ou qualquer organismo aquático em aquários, criatórios naturais ou artificiais. Esta prática surgiu no Brasil na década de 1920, no Rio de Janeiro (FILHO, 1990), sendo introduzida pelo japonês Sigeiti Takase, responsável este, pela introdução de mais de 50 espécies de peixes ornamentais oriundos da Ásia.

“A maioria das espécies de peixes pode ter uso ornamental ou ser alvo de coleta com essa finalidade, seja pela beleza ou por causar estranhamento. Sempre existe alguém interessado em fazer uso ornamental de alguma espécie diferente. Colecionadores mundo afora mantém dezenas ou centenas de espécies diferentes que não são frequentemente exploradas, mas tem uso na aquarofilia.”. (IBAMA, 2013)

Tendo em vista que o aquarismo é um hobby que cresce cada vez mais ao longo dos anos e muitas vezes com o emprego de elevados investimentos por parte de seus adeptos, a tecnologia pode auxiliar de forma incisiva na manutenção do aquário proporcionando uma maior comodidade ao criador.

### **2.2 – Descritivo do Problema**

A criação de peixes em aquários exige de seu criador um elevado esforço, pois para que os peixes se desenvolvam são necessárias manutenções periódicas, como a limpeza do ambiente o controle dos valores de temperatura e acidez. Existem vários fatores que podem levar o cardume a mortalidade e a temperatura destaca-se como um dos principais.

O estudo deste projeto apresenta uma solução para o problema da variação de temperatura em aquários causada por fatores externos, desenvolvendo um protótipo capaz de realizar os ajustes necessários para que as condições fiquem favoráveis ao desenvolvimento do cardume.

### 2.3 – Proposta para Solução do Problema

O principal objetivo do projeto é a elaboração de sistema que ajuste de forma automática a temperatura do aquário, fazendo com que os valores térmicos fiquem dentro uma faixa ideal definida, para isso é utilizado um sensor na qual o sistema monitora a todo instante a temperatura da água. Após aferição do sensor, caso a valor esteja inferior ao mínimo estipulado será acionado uma resistência para o aquecimento do liquido, da mesma forma, caso o valor aferido seja superior ao máximo definido o sistema irá acionar uma bomba d'água e um cooler ligado a um radiador, este responsáveis por sua vez pelo resfriamento do liquido.

Com acionamento da chave que liga o sistema o valor da temperatura aferido pelo sensor será demonstrado em um LCD enquanto o sistema estiver em funcionamento, mesmo não havendo necessidade de regulação da temperatura.

Para uma maior segurança dos peixes do aquário, também foi programado um valor critico de temperatura, pois caso o equipamento apresente um mau funcionamento, causado por defeito em algum componente que compõe o circuito, o sistema irá acionar uma sirene para que criador possa tomar a devida providência.

Para implementação do protótipo foi adquirido um Kit CLP que além de ser controlado por um microcontrolador PIC16F877A, conta com doze entradas digitais fotoacopladas (não utilizadas), oito saídas à relé, uma entrada analógica de 0-5V, 0-10V ou 0-20mA e um conector Header de 10 vias (portB) para instalação de um Display LCD ou placa de expansão.

O desenvolvimento da programação que executada pelo microcontrolador também faz parte deste projeto. Além dos recursos já mencionados, a CLP adquirida também possui uma entrada que facilita a gravação do código no microcontrolador, o que dispensa a sua retirada da placa.

### 2.4 – Motivação

A automação diminui o trabalho de um criador de peixes ornamentais, a comodidade que é fornecida por um sistema automatizado de controle de temperatura para o aquário se torne algo indispensável, pois ao sair de casa ou trabalho não haveria a preocupação com os possíveis danos que seriam causados pela alteração repentina de temperatura.

## 2.5 – Soluções Existentes

Atualmente, os aquarofilistas podem encontrar no mercado diversos recursos para auxílio da manutenção do aquário, porém quando se trata de controle térmico, os recursos existentes ou são muito caros, no caso dos mais modernos ou não efetuam em sua totalidade todo o ajuste necessário, como exemplo o termostato que é um dispositivo elétrico simples e de baixo custo, se comparado a outros sistemas mais complexos. Porém, o uso do termostato é geralmente associado a outro componente, o mais comum é a resistência quando se trata do uso em aquários.

### 2.5.1 – Termostato

Um termostato é um dispositivo elétrico regulável, que fecha o circuito de um elemento aquecedor, quando a temperatura alcançada é a que corresponde a um nível previsto.

Os termostatos podem ser de vários tipos, conforme o procedimento físico que se aplique e, também, podem diferenciar-se em fixos e graduáveis. Os fixos atuam como protetores, a fim de que, por qualquer motivo, a temperatura do aparelho não ultrapasse os limites previstos. Os graduáveis são os que permitem ser regulados segundo a vontade do usuário. (ESTRANY, 2004)

Sua construção é simples, mas razoavelmente precisa em termos de controle de temperatura, consistindo basicamente em um elemento chamado de “bimetálico”, que se deforma de acordo com a variação de temperatura. (FABICHAH, 1985)

## CAPÍTULO 3 – BASES METODOLÓGICAS PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Neste capítulo são demonstrado todas as principais teorias que estão envolvidas na solução do desenvolvimento do projeto, sendo muito importante sua compreensão para o entendimento das ações aplicadas.

### 3.1 – Resistência Elétrica

A resistência elétrica é a capacidade de um corpo de se opor a passagem da corrente elétrica por ele, quando existir uma diferença de potencial aplicada ao mesmo. O cálculo é dado pela Lei de Ohm que de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), é medida em ohms (RAMALHO, 2003; TIPLER, 2000).

A primeira Lei de Ohm é expressa pela fórmula (1):

$$V = R * I \quad (1)$$

Onde:

- **V** - é a diferença de potencial elétrico, medida em Volts.
- **R** - resistência elétrica do circuito, medida em Ohms.
- **I** - é a intensidade de corrente elétrica, medida em Amperes.

Quando uma corrente elétrica é estabelecida em um condutor metálico, um número muito elevado de elétrons livres passa a se deslocar nesse condutor. Nesse movimento, os elétrons colidem entre si e também contra os átomos que constituem o metal. Portanto, os elétrons encontram certa dificuldade para se deslocar, isto é, existe uma resistência à passagem da corrente no condutor. Para medir essa resistência, os cientistas definiram uma grandeza que a chamaram de resistência elétrica (RAMALHO, 2003; TIPLER, 2000).

Existem alguns fatores que influenciam diretamente no valor da resistência, são eles:

- A resistência de um condutor é proporcional ao seu comprimento.

- A resistência de um condutor é tanto maior quanto menor for à área da sua seção reta, ou seja, quanto mais fino for o condutor.
- A resistência de um condutor depende do material que ele é feito.

Estes fatores representam a segunda Lei de Ohm que é expressa pela equação (2):

$$R = \rho * \frac{L}{A} \quad (2)$$

Onde:

- **R** - é a resistência elétrica do circuito, medida em Ohms.
- **$\rho$**  - é a resistividade elétrica do condutor, media em Ohm x metro.
- **L** - é o comprimento do fio, em metros.
- **A** - é a área da secção transversal em  $m^2$ .

### 3.1.1 Dissipação em Resistores

Energia elétrica é uma forma de energia muito importante para o ser humano, pois pode facilmente ser transformada em outras modalidades de energia. Existem diversas formas de transformação de energia, como por exemplo, os motores elétricos que convertem energia elétrica em energia mecânica. Neste projeto o foco foi à conversão de energia elétrica em energia térmica. Aquecedores em geral são exemplos de transformação de energia elétrica em energia térmica e este fenômeno é conhecido como efeito Joule. Este nome é devido a James Prescott Joule, um físico britânico que encontrou as relações entre fluxo de corrente, através de uma resistência elétrica e o calor dissipado (RAMALHO, 2003; TIPLER, 2000).

### 3.1.2 O Efeito JOULE

Esse fenômeno ocorre devido o encontro dos elétrons da corrente elétrica com as partículas do condutor. Os elétrons sofrem colisões com átomos do condutor, parte da energia cinética (energia de movimento) do elétron é transferida para o átomo aumentando seu estado de agitação, conseqüentemente sua temperatura. Assim, a energia elétrica é transformada em energia térmica (calor) (RAMALHO, 2003; TIPLER, 2000).

A descoberta da relação entre eletricidade e calor trouxe ao homem vários benefícios. Muitos aparelhos utilizados no dia-a-dia têm seus funcionamentos baseados no efeito Joule, um exemplo é o chuveiro elétrico, que é aquecido por intermédio de uma resistência elétrica.

A lei de Joule pode ser expressa pela equação (3):

$$Q = I^2 * R * t \quad (3)$$

Onde:

- **Q** - é o calor gerado por uma corrente constante percorrendo uma determinada resistência elétrica por determinado tempo. Sua unidade é o Joule.
- **I** - é a corrente elétrica que percorre o condutor com determinada resistência **R** e é medida em Amperes.
- **R** - é a resistência elétrica em Ohms do condutor.
- **t** - é a duração ou espaço de tempo em que a corrente elétrica percorreu o Condutor e é medido em segundos.

### 3.2 Fenômenos de Transferência de Calor

Quando dois corpos com temperaturas distintas são colocados próximos um do outro em um mesmo ambiente, ou em contato, há uma troca de energia térmica entre eles. Pode-se verificar então que, ao longo do tempo, eles passam a ter a mesma temperatura, ou seja, atingi o equilíbrio térmico. O corpo que apresentava temperatura mais alta perde energia térmica, enquanto o outro corpo ganha energia e tem sua temperatura elevada (INCROPERA, 2003; SCHMIDT, 1996).

Os processos pelos quais ocorre transferência de calor são:

- Condução
- Convecção
- Radiação

### 3.2.1 Condução

Sempre que houver diferença de temperatura em uma substância, seja ela sólida ou líquida, o calor fluirá da região de temperatura mais alta para a região de temperatura mais baixa. A condução de calor é um processo que depende de um meio material, por isso não ocorre no vácuo. Este fenômeno se dá por meio de condução térmica e o calor será conduzido molécula a molécula por vibração molecular. Naturalmente neste projeto ocorrerá troca de calor molécula a molécula, mas o principal processo de transferência de calor é a convecção (SCHMIDT, 1996; TAVEIRA, 2008).

A equação (4) expressa que a quantidade de calor (**Q**) transferida durante uma hora, numa parede de superfície (**A**), é diretamente proporcional à diferença de temperatura (interior e exterior) e inversamente proporcional à espessura da parede (SCHMIDT, 1996; TAVEIRA, 2008).

$$\frac{Q}{\Delta t} = -K \cdot A \cdot \left( \frac{t_i - t_e}{e} \right) \quad (4)$$

Onde:

- $\frac{Q}{\Delta t}$  - é a quantidade de calor transferido por unidade de tempo (Kcal/h ou W).
- **k** - é a condutibilidade térmica do material (kcal/h.m. °C)
- **A** - é a superfície de transferência em m<sup>2</sup>.
- **t<sub>i</sub>** - representa a temperatura interior em °C.
- **t<sub>e</sub>** - representa a temperatura exterior em °C.
- **e** - é a espessura da parede em metros

### 3.2.2 Convecção

A convecção é a transferência de calor em um fluido devido ao movimento deste fluido de uma posição para outra. A convecção é o movimento de massa de um fluido, trocando de posição entre si. Portanto não há sentido falar em convecção no vácuo, ou em um sólido. Convecção ocorre apenas entre fluidos. A convecção pode ocorrer de forma natural, ou forçada (INCROPERA, 2003; SCHMIDT, 1996; TAVEIRA, 2008).

A convecção natural acontece quando o movimento do fluido ocorre de forma espontânea, devido à diferença de densidade causada pela variação de temperatura no fluido. Um exemplo de convecção natural é o sistema de aquecimento solar, onde a água circula devido à diferença de densidade entre a água aquecida na tubulação e a água que está no boiler. Outro exemplo são as correntes marítimas, que ocorrem devido à diferença de temperatura de uma determinada região para outra do oceano. Quando o movimento do fluido é originado por um agente externo, como uma hélice ou uma bomba, a convecção é forçada (INCROPERA, 2003; KREITH, 2003; POTTER, 2006; SCHMIDT, 1996; TAVEIRA, 2008).

Para efetuar cálculos de transmissão de calor por convecção, utiliza-se a equação (5) a seguir:

$$\frac{Q}{\Delta t} = h \cdot A \cdot (t_p - t_f) \quad (5)$$

Onde:

- $\frac{Q}{\Delta t}$  - é a quantidade de calor transferido por unidade de tempo (Kcal/h ou W).
- $h$  - é o coeficiente de transferência por convecção (kcal/m<sup>2</sup>.h. °C)
- $A$  - é a superfície de transferência em m<sup>2</sup>.
- $t_p$  - é a temperatura da placa em contato com o fluido em °C.
- $t_f$  - é a temperatura do fluido em °C.



### 3.2.3 Radiação

A radiação é a transferência de energia térmica que não necessita de meio para se propagar. É desta forma que ocorrem trocas de energia no espaço. A energia solar, por exemplo, chega até a terra por meio de radiação (INCROPERA, 2003; POTTER, 2006; SCHMIDT, 1996).

Quando dois corpos são mantidos a diferentes temperaturas e estão separados entre si por um vácuo perfeito, não há troca de calor entre eles por condução ou convecção devido à inexistência de um meio físico. Em tais situações, a troca de calor entre eles é feita por radiação térmica. Ao aproximar-se de uma lareira acesa ou de fogo, percebe-se a forte transferência de energia que existe ainda que estejamos um tanto afastados da fonte, esse é um exemplo de radiação térmica.

A transferência de calor por ondas eletromagnéticas é chamada de transferência de calor por radiação. A transmissão de calor através de ondas eletromagnéticas não exige a presença do meio material para ocorrer, ou seja, a radiação ocorre no vácuo ou em meios materiais. No entanto, nem todos os materiais permitem a propagação de ondas de calor através deles. Desta forma, os meios materiais são classificados em diatérmicos ou atérmicos, conforme eles permitam ou não a propagação de ondas de calor, respectivamente. O ar atmosférico permite e por isso é um meio diatérmico. Uma parede de tijolos não permite e por isso é um meio atérmico. (SCHIMDT, 1996)

### 3.3 Quantidade de Calor (Q)

“Calor é definido como energia em trânsito devido à diferença de temperatura e que não está associada com a transferência de massa.” (SCHMIDT, 1996, p. 20).

Para representar a quantidade de calor trocado entre corpos utiliza-se a letra “Q”. A unidade de medida utilizada no Sistema Internacional de Unidades é o Joule (J), e a unidade mais utilizada no dia-a-dia é a caloria (cal). A relação entre Joule e caloria é:  $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$ .

Por convenção, quando um corpo cede calor, a quantidade de calor Q é negativa e quando um corpo recebe calor, Q é positiva.

Todo corpo tem certa quantidade de energia interna que esta relacionada ao movimento de seus átomos ou moléculas. Os sólidos líquidos e gases apresentam constantes vibrações em suas partículas, onde, a soma destas vibrações constitui a energia térmica do mesmo. Esta

energia térmica é diretamente proporcional à temperatura do corpo. Se dois corpos ou fluidos distintos estiverem em contato e possuírem diferente temperatura, eles trocam energia interna até a temperatura ser equalizada (INCROPERA, 2003; KREITH, 2003; POTTER, 2006; SCHMIDT, 1996).

### 3.3.1 Calor Sensível

Calor sensível é aquele que provoca alteração na temperatura sem que haja mudança de fase. Neste trabalho ocorre apenas calor sensível, já que a água aquecida não atingirá o ponto de ebulição.

Capacidade térmica (C): é uma característica do corpo e não das substâncias que o constituem. Ela determina a variação térmica deste corpo ao receber determinada quantidade de calor. O valor da capacidade térmica corresponde à quantidade de calor (recebida ou cedida) que leva a uma variação de 1°C na temperatura do corpo (INCROPERA, 2003; POTTER, 2006; SCHMIDT, 1996). É dada pela relação da quantidade de calor recebida por um corpo e a variação de temperatura sofrida pelo mesmo. É representada pela letra C e é medida em calorias por grau Celsius (cal/°C) ou caloria por Kelvin (cal/K), conforme equação (6):

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (6)$$

Onde:

- C - é a Capacidade térmica,
- Q - é a quantidade de calor recebida ou cedida pelo corpo;
- $\Delta T$  - é a variação de temperatura sofrida pelo corpo, ou seja, é a temperatura final menos a temperatura inicial.

Calor específico (c): é uma característica da substância e não do corpo, ao contrário da capacidade térmica. Corresponde à capacidade específica de uma substância de mudar a sua temperatura ao receber ou liberar calor, para cada grama de massa. Isto quer dizer que a capacidade térmica de um corpo é dada pelo calor específico da substância que compõe e sua

massa. O calor específico é representado pela relação da capacidade térmica do corpo pela sua massa (INCROPERA, 2003; KREITH, 2003; SCHMIDT, 1996). É representado pela letra  $c$  (minúscula) e é medido em  $\text{cal/g}^\circ\text{C}$  ou  $\text{cal/gK}$ , conforme mostra a equação (7).

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \quad (7)$$

Ou substituindo o  $\left(\frac{Q}{\Delta T}\right)$  por  $C$ , temos a equação (8):

$$C = \frac{c}{m} \quad (8)$$

Onde:

- $c$  - é o calor específico;
- $C$  - é a capacidade térmica;
- $m$  - é a massa.

### 3.3.2 Calor Latente (L):

É a quantidade de calor que a substância troca por grama de massa durante a mudança de estado físico. É representado pela letra  $L$ . É medido em caloria por grama ( $\text{cal/g}$ ) (INCROPERA, 2003; POTTER, 2006; SCHMIDT, 1996). Neste projeto não ocorre Calor Latente.

Para calcular o calor latente é necessário utilizar a equação (9):

$$L = \frac{Q}{m} \quad (9)$$

Onde:

- **Q** - é a quantidade de calor recebida ou cedida pelo corpo;
- **m** - é a massa do corpo;
- **L** - calor latente;

### 3.4 Vazão

A vazão é definida como a relação entre o volume de fluido que atravessa a superfície e o tempo gasto nessa passagem. As unidades de vazão são obtidas pela divisão de unidade de volume por unidade de tempo, exemplo  $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$ .

Para calcular a vazão é necessário utilizar a equação (10):

$$Q = A * V \quad (10)$$

Onde:

- **Q** - é a vazão no tubo  $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$ ;
- **A** -  $\pi \cdot \frac{D^2}{4}$  Área da Seção Transversal do Tubo ( $\text{m}^2$ );
- **D** - Diâmetro interno do tubo ( $\text{m}$ );
- **V** - Velocidade do líquido no interior do tubo  $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$ .

## **CAPÍTULO 4 – DESCRIÇÃO TÉCNICA DE HARDWARE E SOFTWARE**

### **4.1 – Microcontrolador PIC16F877A**

O microcontrolador PIC16F877A é um dos modelos da família PIC fabricado pela Microchip Technology, utilizando uma arquitetura RISC, Reduced Instruction Set Computer com conjunto de instruções reduzidas, fazendo com que o modelo possua um set de instruções menor. Por possuir 40 pinos ele permite a elaboração de um hardware complexo capaz de gerenciar diversas funções ao mesmo tempo, possuindo 33 portas configuráveis de entrada e saída, comunicação serial e conversor A/D. (SOUZA, 2005).

Principais características do Microcontrolador PIC16F877A

- Microcontrolador de 40 pinos;
- Via de programação com 14 bits e 35 instruções;
- Programação in-circuit (alta e baixa tensão);
- Frequência de operação de até 20 MHz;
- Memória flash de programa de 8kwords;
- 33 portas configuráveis como entrada ou saída;
- 15 interrupções disponíveis;
- Memória EEPROM interna com 256 bytes;
- Memória RAM com 368 bytes;
- Conversores A/D (analógico-digital) de 10 bits (8x) e comparadores analógicos (2x);
- Comunicações seriais: SPI, I2C e USART.

#### 4.1.1 Diagrama de Pinos PIC16F877A

Nas imagens ilustradas pelas figuras 4.1, 4.2 e 4.3 são demonstrados o diagrama de pinos e a visão superior e inferior do microcontrolador PIC.

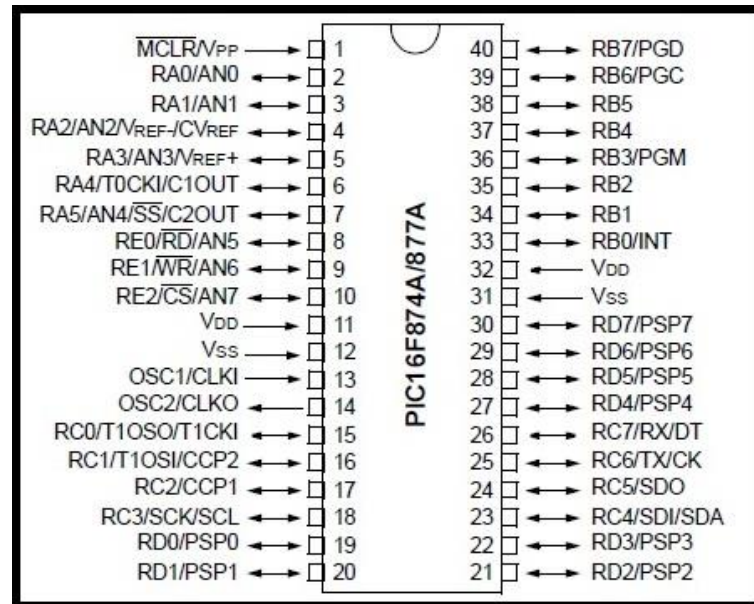


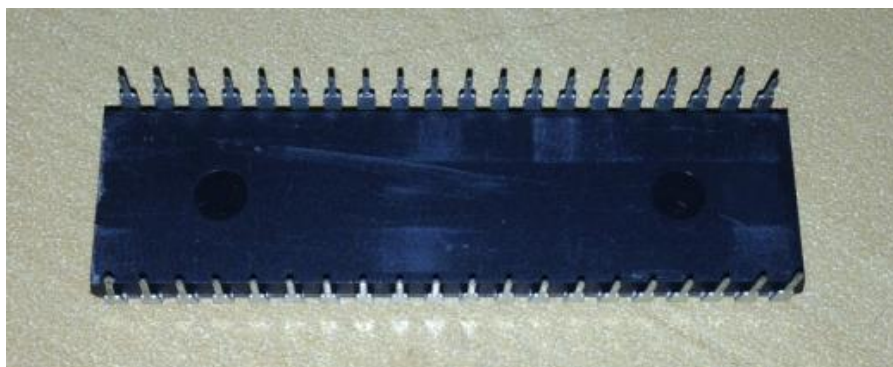
Figura 4.1 – Diagrama de Pinos do PIC 16F877A

(Fonte: Microchip Technology Datasheet, 2003, p.3)



Figura 4.2 – Imagem Superior do Microcontrolador PIC16F877A

(Fonte: Autor)



**Figura 4.3 – Imagem Inferior do Microcontrolador PIC16F877A**  
(Fonte: Autor)

#### 4.1.2 Recursos do Dispositivo

O quadro 4.1 mostra os recursos do microcontrolador.

Key Features	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	8K
Data Memory (bytes)	368
EEPROM Data Memory (bytes)	256
Interrupts	15
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E
Timers	3
Capture/Compare/PWM modules	2
Serial Communications	MSSP, USART
Parallel Communications	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	8 input channels
Analog Comparators	2
Instruction Set	35 Instructions
Packages	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

**Fonte: Microchip Technology Datasheet, 2003, p.5**

### 4.1.3 - Conversor A/D

O conversor A/D (Analógico/Digital) de 10 bits que o microcontrolador possui é responsável pela conversão da tensão analógica de entrada, medida pelo sensor de temperatura para um valor digital, sendo de fundamental importância para a laboração do projeto. O funcionamento do conversor A/D ocorre ao menor passo ou resolução do sinal analógico que é dado diretamente pelo seu número de bits, sendo expresso pela Equação 11, onde  $V_{ref}$  é uma tensão de referência e  $n$  é o número de bits do conversor (SOUZA e LAVINIA, 2005).

$$\text{Resolução} = \frac{V_{ref}}{2^n} \quad (11)$$

Cada um dos  $n$  bits que compõem a informação digital representa uma parcela do valor da tensão analógica a ser convertida, de forma que a soma de todas as contribuições de cada um dos  $n$  bits forma a tensão de entrada do conversor A/D. Assim, a parcela de tensão proporcional ao bit  $m$  do conversor é mostrada na Equação a seguir (SOUZA e LAVINIA, 2005)

$$V_{entrada} = \frac{b_m \cdot 2^{(m-1)}}{2^n} V_{ref} \quad (12)$$

Onde

- **$b_m$**  é o valor do bit  $m$ , ou seja, 0 ou 1. Apenas os bits em 1 representam algum valor em termos de tensão analógica. Portanto, quanto maior a quantidade de bits, maior a resolução e a precisão do conversor.

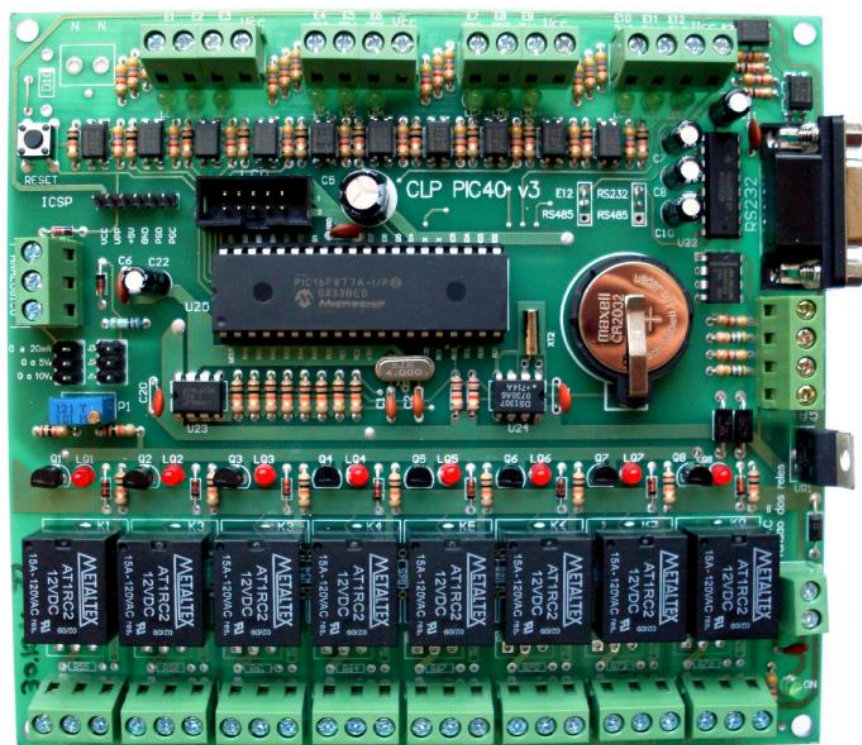
O sistema de conversão que o PIC utiliza é chamado de conversor de aproximação sucessiva, e neste tipo de conversor, a conversão é realizada do bit mais significativo, que representa a metade da tensão de referência, para o menos significativo. Desta forma, é possível saber se a tensão de entrada é maior ou menor que a metade da tensão de referência. (SOUZA e LAVINIA, 2005).



## 4.2 – Kit CPL PIC 40 V.3

Para desenvolvimento do protótipo foi utilizado o Kit CPL PIC40 V.3 produzido pela VWSOLUÇÕES, ela foi desenvolvido com base no microcontrolador PIC16F877A e ainda conta com diversos recursos que estão descritos no item 4.2.1 deste capítulo. (Manual, 2009)

Na figura 4.4 é mostrado o Kit utilizado na elaboração do protótipo.



**Figura 4.4 – CLP PIC40-V3**

(Fonte: Manual do Fabricante, 2009, p.1)

### 4.2.1 Especificações Técnicas CLP PIC40-V3

Dimensões: 15,2 cm de comprimento por 13,7 cm de largura.

Peso aproximado: 250 gramas.

Alimentação: 12Vcc ou 24Vcc por 500mA.

O ClpPic40-v3 deve ser alimentado por uma fonte de corrente contínua com a mesma tensão dos relés de saída, pois as entradas (E1 a E12) e os relés recebem diretamente a alimentação da entrada.

Características:

PIC

- Microcontrolador PIC 16F877A, mas se desejar pode ser utilizado outro PIC de 40 pinos;

I/O's

- Possui 12 entradas digitais todas mapeadas por leds.

- 01 entrada analógica

Conversor A/D de 10Bits.

Entrada de 0-5V ou 0-10V ou 0-20mA, selecionável através de jumper.

- 08 Saídas do tipo contato de Relés com contatos reversíveis 15A – 120VAC.

- Entrada para conector LCD

- Porta Serial: RS232 de uso genérico (RX, TX, GND).

- ICSP -Pinagem disponível para gravação in-circuit do microcontrolador usado.

## 4.2.2 Lista de Materiais Utilizados na Montagem da Placa

**Quadro 4.2 Lista de Materiais**

Item	Qtde	Descrição	Sigla na placa
01	01	Barra pinos 1x40 vias -11,2mm -180 graus	ICSP, entr. analógica, E12/RS485 e RS232/RS485
02	01	Bateria Lithium – 3V	BT1
03	02	Capacitor cerâmico - 33pF	C1,2
04	01	Capacitor eletrolítico - 470uF x 6,3V	C5
05	05	Capacitor eletrolítico - 1uF x 25V	C7, 8, 9, 10, 22
06	06	Capacitor cerâmico - 100nF	C3, 4, 6, 11, 20, 21
07	08	Diodo - 1N4148	D1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
08	01	Diodo - 1N4007	D9
09	02	Transil - P6KE6V8A	DS1, 2
10	01	Diodo Zener - 5,1v - 1N4733	DZ1
11	01	Diodo Zener - 13v - 1N4743	DZ2
12	01	Conector - Header 10 pinos 180°	LCD
13	13	LED - verde 3mm	LD1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, ON
14	08	LED - vermelho 3mm	LQ1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
15	08	Transistor - BC548	Q1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
16	08	Relê - 12V - 1 pólo - 2 posições	K1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
17	01	Trimpot multivoltas - 100R	P1
18	27	Resistor - 4K7	R1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 82, 85, 93
19	33	Resistor - 10K	R3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 77, 78, 80, 81, 92
20	02	Resistor - 56R	R83, 84
21	01	Resistor - 500R – Precisão	R79
22	01	Conector - DB9 - Macho 90° solda placa	RS232
23	01	Pulsador - Tátil	S1
24	12	Fotoacoplador - PC 817A	U1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
25	01	MAX485	U21
26	01	MAX232N	U22
27	01	Memória Eeprom (Ex: 24C256) ( * )	U23
28	01	RTC (Real Time Clock) - DS1307	U24
29	01	Microcontrolador - PIC16F877A ( ** )	U25
30	01	Regulador de tensão - 7805	VR1
31	01	Cristal - 4MHz	XT1
32	01	Cristal - 32.768KHz	XT2

\* Memória para comunicação I2C de acordo com sua necessidade.

Exemplo: 24C256

\*\* Pode ser utilizado qualquer outro PIC de 40 pinos (observar a pinagem).

**Fonte – Manual CLP PIC40-V3, 2009, p.5**

### 4.3 – Display LCD

O dispositivo de saída escolhido para o protótipo foi um display LCD fabricado pela WINSTAR, modelo WH1602A que possui 2 linhas e 16 colunas para exibição dos caracteres alfanuméricos.

Os módulos LCD são interfaces de saída muito útil em sistemas microprocessados, estes módulos podem ser gráficos e a caracter. Os módulos LCD gráficos são encontrados com algumas opções de resoluções, e geralmente estão disponíveis com 20 pinos para conexão. Os LCD comuns do tipo caracter são especificados em número de linhas por colunas. (BARBACENA E FLEURY, 1996)

Esse modelo de display é muito conhecido por ser o mesmo utilizado em telefones públicos. (SOUZA E LAVINA, 2005)

Na figura 4.5 e 4.6 são mostradas as imagens do display LCD utilizado.



**Figura 4.5 – Display LCD**

**(Fonte: Autor)**



**Figura 4.6 – Display LCD**

(Fonte: Autor)

O quadro 4.1 demonstra os recursos do display LCD.

**Quadro 4.3 - Recursos do Display**

Pin NO.	Symbol	Function
1	Vss	GND
2	Vdd	+3V or +5V
3	Vo	Contrast Adjustment
4	RS	H/L Register select signal
5	R/W	H/L Read / write signal
6	E	H→L Enable signal
7	DB0	H/L Data bus line
8	DB1	H/L Data bus line
9	DB2	H/L Data bus line
10	DB3	H/L Data bus line
11	DB4	H/L Data bus line
12	DB5	H/L Data bus line
13	DB6	H/L Data bus line
14	DB7	H/L Data bus line
15	A/Vee	+4.2V for LED(RA=0Ω)/Negative Voltage output
16	K	Power supply for B/L (0V)

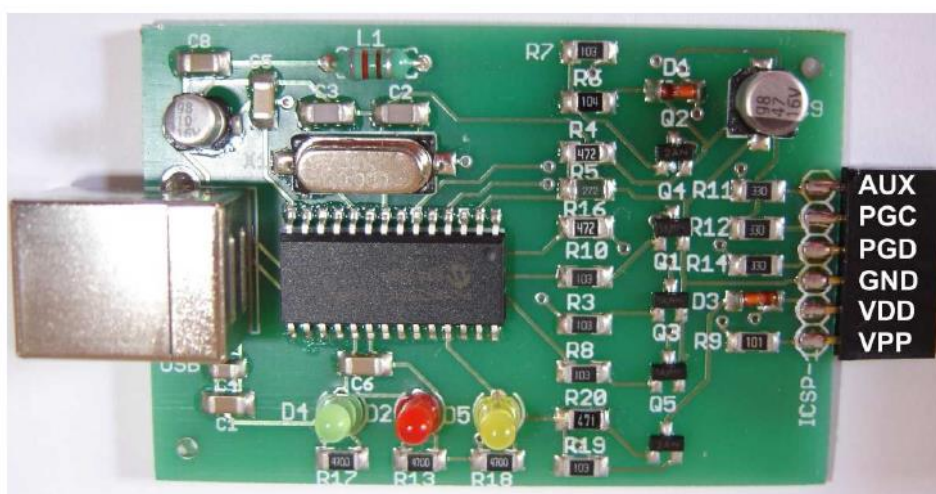
**Fonte: Datasheet WH1602A**



#### 4.4 – Kit de Gravação do Código no PIC

O dispositivo usado para gravação do código no microcontrolador foi o PICKIT2 V2.61 que é um programador e depurador para microcontroladores da Microchip, a placa que compõe o kit possui interface USB para conexão ao microcomputador e o software necessário Pickit2 Programmer, o que viabiliza a gravação. (Manual Pickit2, 2013)

Na figura 4.7 é mostrado o dispositivo Pickit2.



**Figura 4.7 – PICKIT2**

(Fonte: Manual)

#### 4.5 – Sensor LM35

O LM35 é um sensor de temperatura preciso de circuito integrado, cuja tensão de saída é linearmente proporcional à escala Celsius de temperatura. Este sensor é capaz de operar dentro de uma faixa de temperatura que vai de  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+150^{\circ}\text{C}$ . A impedância de saída baixa do LM35, além de uma saída linear e uma medição precisa, faz com que a leitura de sua interface ou o circuito de controle deste sensor se torne bastante fácil. (Datasheet LM35, 2000)



Na figura 4.9 é mostrado o diagrama de conexões do Sensor.

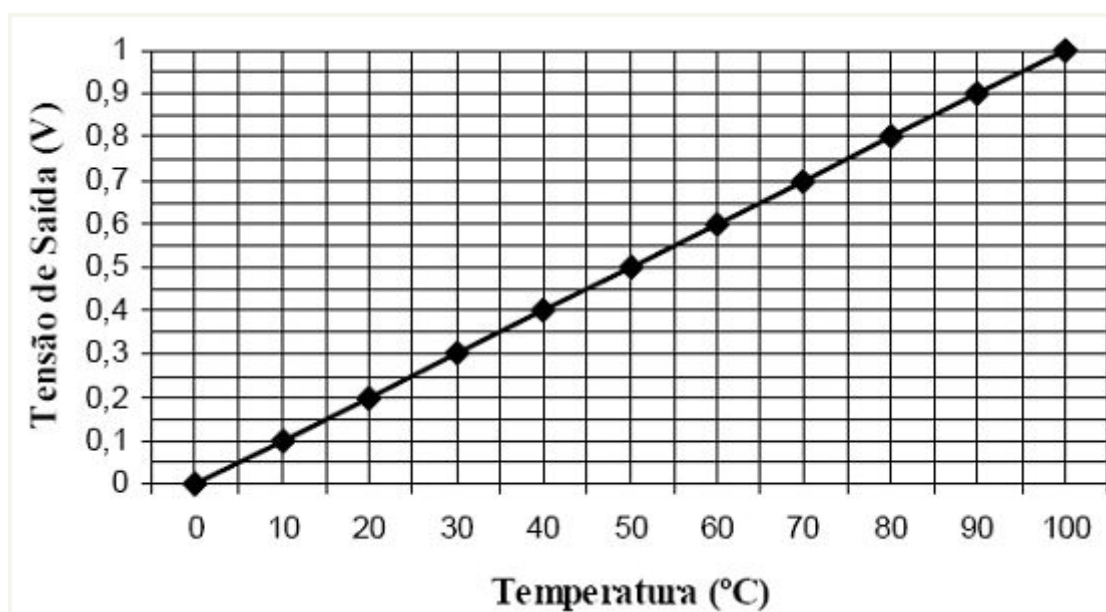


**Figura 4.9 – SENSOR LM35DZ, DIAGRAMA DE CONEXÕES**

**(Fonte: Datasheet, 2000)**

Na figura 4.9 o pino GND corresponde ao aterramento do sensor, enquanto o pino OUT corresponde à saída analógica do LM35 para medição da temperatura. VCC é o pino da saída de tensão do sensor, onde é utilizado +5V.

A figura 4.10 mostra o gráfico de tensão de saída e temperatura.



**Figura 4.10 – Gráfico de Tensão de e Temperatura**

**(Fonte: IST, 2009)**



#### 4.6 – Reservatório e Caixa Plástica

O reservatório utilizado para simular o ambiente de um aquário normal é um mini aquário, comumente utilizado na criação de peixes da espécie Betta, construído de vidro com as seguintes dimensões 15cm comprimento, 8,5cm largura e 12,5cm de altura.

Com intuito de facilitar a montagem e o manuseio de todo sistema, foi necessário a aquisição de caixa plástica que geralmente é usada para guardar ferramentas, tendo que adaptá-la para acomodamento da placa lógica que gerencia todo o sistema.

Dimensões da caixa utilizada

- 41cm de comprimento
- 19cm de largura
- 20cm de altura

Nas figuras 4.11 e 4.12 são ilustrados o reservatório e a caixa respectivamente



**Figura 4.11 – Reservatório**

**(Fonte: Autor)**



**Figura 4.12 – Caixa De Plástico**

**(Fonte: Autor)**

#### **4.7 – Radiador**

O radiador usado na solução do projeto é construído de alumínio com as seguintes dimensões, 24cm de altura, 5,5cm de largura e 15cm de comprimento, este equipamento é utilizado como radiador de ar quente de veículos automotivos e possui as características favoráveis para ser aplicado em um sistema de resfriamento de água.

Entretanto, deve-se levar em conta que o projeto foi desenvolvido em nível de protótipo, e para utilização em aquários convencionais o dispositivo deve receber um tratamento especial como isolamento ou fabricação em materiais que não contaminem a água.

Na figura 4.13 e 4.14 são mostrados imagens do radiador empregado no projeto.



**Figura 4.13 – Radiador- vista frontal**

**(Fonte: Autor)**



**Figura 4.14 – Radiador – vista lateral**

**(Fonte: Autor)**

#### **4.8 – Cooler**

O dispositivo empregado para auxiliar na diminuição da temperatura da água é um cooler de 12V (volts) e 0,21A (Ampères), componente amplamente utilizado em fontes de alimentação por sua eficiência e baixo custo. Neste projeto o cooler fica fixado junto ao radiador, e ao ser acionado gera uma corrente de ar ajudando na troca de calor que ocorre com passagem do líquido no interior do radiador.

Na figura 4.15 e exposto o cooler empregado no sistema.



**Figura 4.15 – Cooler 12V**

**(Fonte: Autor)**

#### **4.9 – Bomba D'água**

A bomba d'água usada para circular a água do reservatório no interior do radiador é do tipo submersa com capacidade de 250l/h produzida pela ATMAN. Equipamento comum encontrado em lojas de aquários. (AQUASN, 2013)

##### **Dados Técnicos**

- Potência de 4W (Watts)
- Tensão de Alimentação 220V
- Coluna d'água máxima 0.65 mts

Na figura 4.16 e ilustrado a bomba submersa adquirida.



**Figura 4.16 – Bomba Submersa**

**(Fonte: Autor)**

#### **4.10 – Resistência**

Para o desenvolvimento do protótipo foi necessário à utilização de uma resistência com as seguintes características, tensão de 12V (Volts), corrente de 10A (Ampères) e 120W (Watts), sendo fabricado pela empresa WH INDUSTRIA ELETROMETALÚRGICA IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO LTDA.

Esta resistência, também chamado de aquecedor, quando acionada, é utilizada para esquentar a água, tendo fundamental importância na solução do problema.

Todavia, é importante observar o que o projeto foi desenvolvido em um protótipo, e que para utilização em um aquário convencional e recomendável fazer os devidos ajustes quanto ao valor de potência da resistência a ser utilizada. A regra de orientação diz que devem existir 10 watts de potência para cada 4,5 litros de capacidade do aquário. Existem no mercado aquecedores com as potências que variam de 50W a 300W (Watts), devendo-se escolher aquele que melhor sirva as necessidades do aquário em questão.

Para que o aquecimento seja feito da forma mais eficaz, os aquecedores devem ser instalados na parte mais funda do aquário a alguma distancia do fundo, de modo que a água possa circular livremente em volta do elemento de aquecimento. (FCUP, 2013)

A figura 4.17 ilustra a resistência utilizada.



**Figura 4.17 – Resistência/Aquecedor 12V**

**(Fonte: Autor)**

#### **4.11 – Sirene**

O sistema de alarme implementado para casos de pane ou alerta de perigo foi desenvolvido com a utilização de uma sirene do tipo buzzer, por possuir excelente eficiência quanto à emissão do sinal sonoro e baixo custo. O componente requer uma alimentação de 12V (Volts) e 0,12A (Ampères) para seu funcionamento. Na figura 4.18 mostra o modelo de sirene usado no desenvolvimento.



**Figura 4.18 – Sirene do tipo Buzzer**

**(Fonte: Cinestec, 2013)**

#### **4.12 – Fontes de Alimentação**

Para suprir as demandas de alimentação dos periféricos, foi necessária a aquisição de três fontes de alimentação 12V (volts), sendo uma de 10A e as outras duas de 1A (Ampères).

A fonte de 12 Volts e 10 Ampères é utilizada somente para alimentar a resistência do sistema, enquanto as outras duas alimentam o cooler do radiador, sirene e a CLP, esta por último necessita de fonte somente para ela, para que não sofra interferência causada por outros dispositivos que compõem o projeto. As fontes adquiridas são mostradas nas figuras 4.19 e 4.20.

Para distribuir a energia foi utilizado um filtro de linha convencional de 4 tomadas tripolar e uma extensão elétrica simples que serão demonstradas nas figuras 4.21 e 4.22.





**Figura 4.19 – Fonte de alimentação 12V 10A**

(Fonte: Autor)



**Figura 4.20 – Fonte de alimentação MULTITOC 12V 1.0A**

(Fonte: Autor)





**Figura 4.21 – Filtro de Linha**

**(Fonte: Autor)**



**Figura 4.22 – Extensão simples de 3 saídas**

**(Fonte: Autor)**

#### 4.13 – Termômetro Digital

O termômetro digital foi adquirido para ser utilizado durante os primeiros testes com sensor LM35 para averiguar se a temperatura demonstrada no LCD constata com realmente com a aferida pelo termômetro externo ao sistema.

Figura 4.23 mostra o termômetro externo.



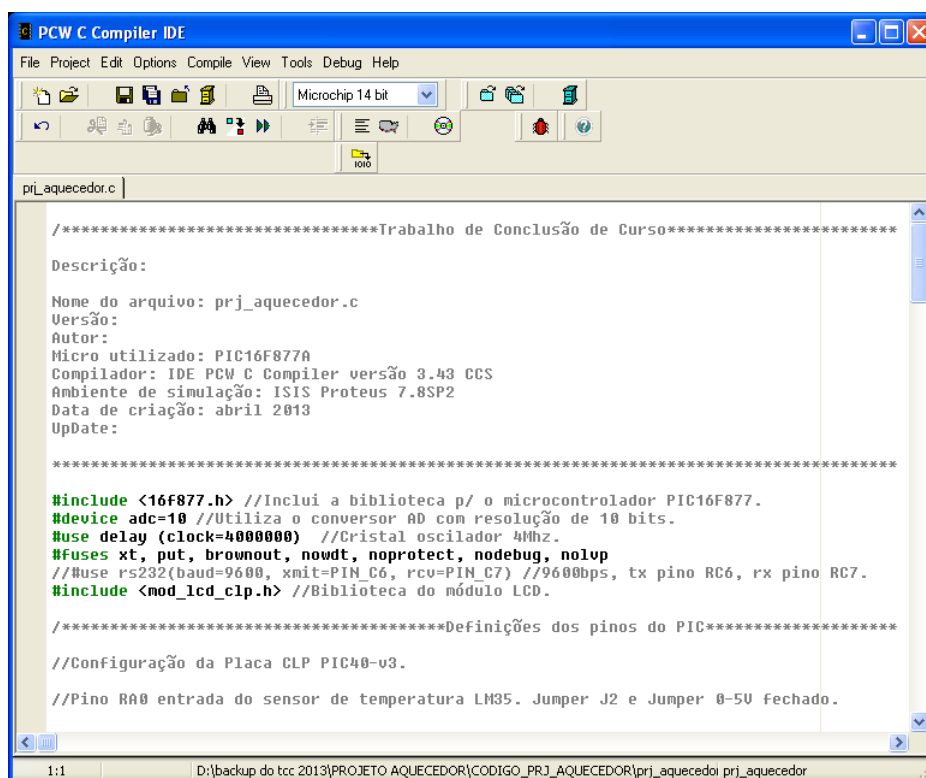
**Figura 4.23 – Termômetro digital**

**(Fonte: Autor)**

#### 4.14 - PIC C Compiler

O compilador usado na elaboração da programação do projeto foi o compilador PIC C Compiler da CSS, Inc, pois se trata de um programa que apresenta uma grande variedade de ferramentas para o desenvolvimento e depuração de aplicativos embutidos em execução nos microcontroladores PIC. Além de compilar, o programa exibe os avisos de erros e a previsão do uso da memória RAM e ROM do microcontrolador.

O arquivo ‘.hex’ criado com PIC C antes de ser gravado no microcontrolador e simulado no programa ISIS Proteus. Na figura 4.24 mostra a tela software utilizado.



**Figura 4.24 – Programa C COMPILER**

(Fonte: Autor)

## CAPÍTULO 5 – IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

Neste capítulo são apresentados todas as fases de implementação que foram necessárias para geração do protótipo, como criação, dificuldades, programação e testes.

### 5.1 – Protótipo

Para a criação do protótipo foi necessário a aquisição de diversos componentes descritos no capítulo anterior. De posse da placa e do LCD adquirido, o primeiro passo foi a adaptação dos itens na caixa plástica, permitindo assim o manuseio sem risco de danos. Na figura 5.1 é ilustrado a adaptação inicial.



**Figura 5.1 – Adaptação da placa e LCD**

**(Fonte: Autor)**

Para aferição da temperatura foi utilizado um sensor LM35, o conectado na entrada analógica da CPL. O sinal é recebido pelo microcontrolador PIC que efetua conversão através seu conversor analógico/digital.



Na tentativa de facilitar a demonstração, foi preciso fixar o reservatório e o sistema responsável pelo resfriamento em uma única base confeccionada de madeira e revestida por manta fina fabricada de borracha. Na figura 5.3 é mostrado o reservatório e o radiador fixados na base.



**Figura 5.3 – Adaptação Do Reservatório E Radiador**

**(Fonte: Autor)**

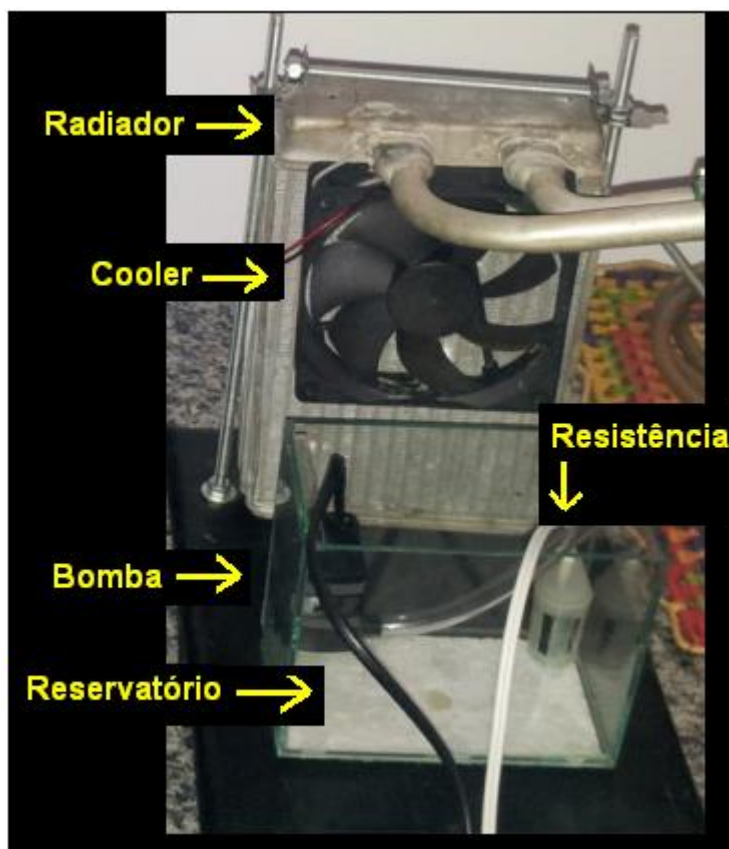
O sistema responsável pelo resfriamento foi confeccionado com instalação da bomba dentro do reservatório, uma vez que se trata de um dispositivo que necessita estar submerso no líquido a ser bombeado. Com intuito de facilitar a troca de calor entre a água e a parede de alumínio do radiador, foi fixado um cooler no mesmo. A pequena corrente de ar gerada pelo cooler ajuda no resfriamento do radiador e consequentemente do líquido que circula em seu interior.

No que tange ao circuito, tanto a bomba quanto o cooler são acionados pelos relés presentes na placa, o microcontrolador PIC é responsável por todo gerenciamento da placa e seus componentes, através do código que é gravado em sua memória. Após o processamento dos dados e obtenção da temperatura o microcontrolador comanda os relés de acordo com as

métricas fornecidas pelo programa. Em se tratando do sistema de resfriamento, o acionamento só ocorrerá caso a temperatura aumente acima dos 30° Celsius, sendo desligado quando o valor atingir 28° Celsius.

A respeito do sistema utilizado para o aquecimento, foi escolhida uma resistência de 12 Volts e 127W, pois o reservatório usado possui uma pequena capacidade volumétrica, e a temperatura não deve aumentar bruscamente, pois como já dito anteriormente, algumas espécies de peixes não resistiriam. A resistência utilizada foi fixada no fundo do reservatório, sendo acionada pelo primeiro relé da placa controladora, e este controlado pelo microcontrolador. A resistência só é acionada caso a temperatura diminua a menos de 26° C, sendo desativada assim a temperatura atingir 30° C.

A imagem mostrada na figura 5.4 exibe a parte do protótipo que contem o reservatório d'água, radiador com cooler instalado e a resistência.

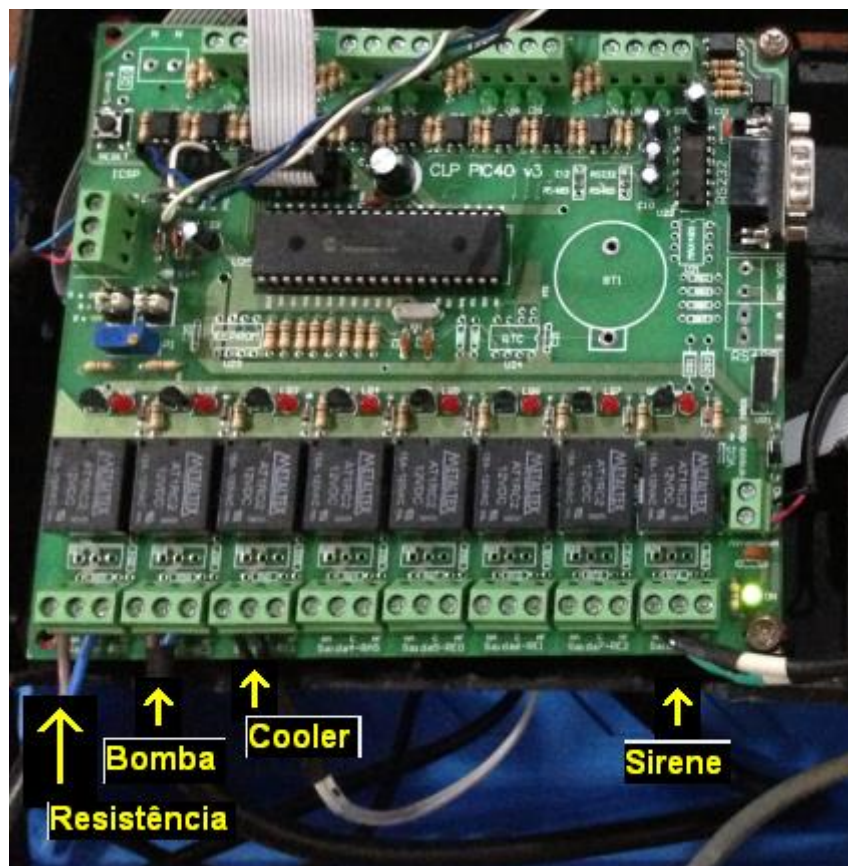


**Figura 5.4 – Montagem do Protótipo**

(Fonte: Autor)



A imagem mostrada na figura 5.5 exibe os relés com seus a ligação de seus respectivos dispositivos, sendo estes comandados pelo microcontrolador.



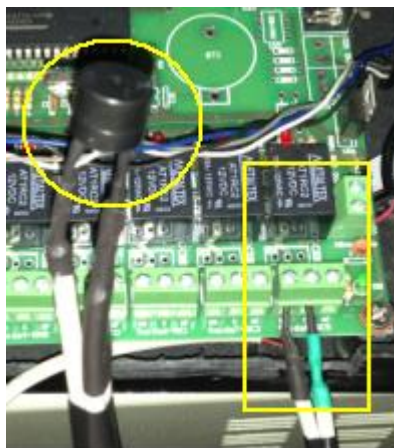
**Figura 5.5 – Ligação Dos Componentes Na Placa**

(Fonte: Autor)

A sirene empregada no sistema foi conectada utilizando um oitavo relé da placa. O microcontrolador só acionará este relé, caso a temperatura não seja reduzida e chegue a atingir 33° Celsius, pondo em risco a vida do cardume.



Na figura 5.6 é ilustrada a sirene ligada ao relé.



**Figura 5.6 – Sirene**

**(Fonte: Autor)**

## **5.2 – Programação e Gravação do Código**

Para o desenvolvimento do código foi utilizado o compilador PIC C COMPILER da CCS (Custom computer Services) com uso da linguagem C, pois se trata de compilador simples e eficiente. Logo após a realização da programação o compilador converte o código em um arquivo com extensão \*.HEX que será gravado na memória do microcontrolador. O código criado durante o desenvolvimento do projeto está presente no apêndice A.

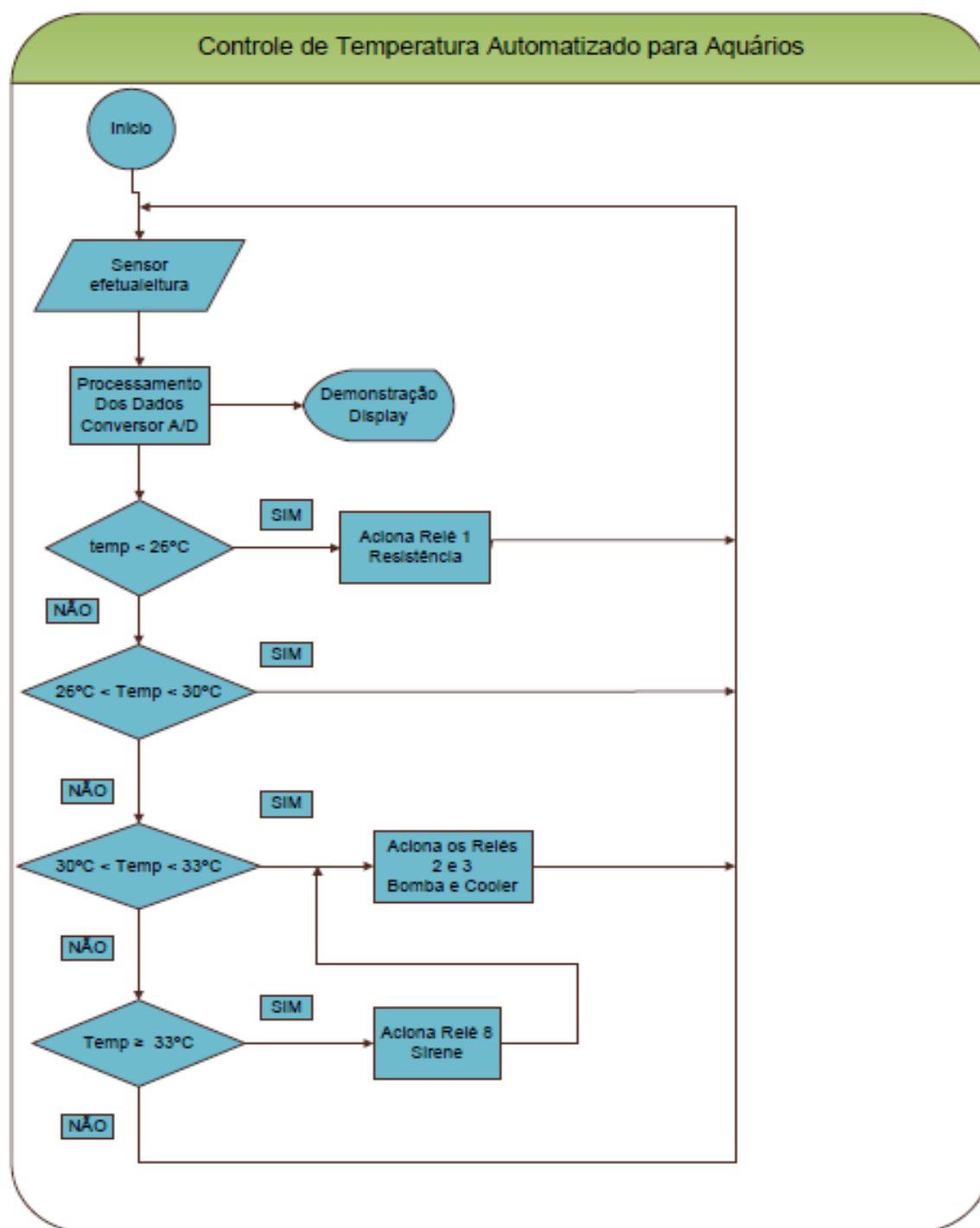
Durante a programação foi necessário à utilização de uma biblioteca do modulo LCD (MOD\_LCD\_CLP.H) do autor Fábio Pereira, sendo realizado somente os ajustes necessários para que o dispositivo interagisse com a placa controladora.

A imagem representada pela figura 5.7 mostra a parte do código que é feito uso da biblioteca do modulo LCD.



### 5.2.1 – Diagrama de Atividades do Sistema

Com a criação e simulação do código a ser utilizado, foi elaborado o fluxograma do sistema, representando os fluxos conduzidos por processamentos e controle de uma atividade para outra. A figura 5.9 mostra o fluxograma.



**Figura 5.9 – Diagrama De Atividades Do Sistema**

(Fonte: Autor)

### 5.3 – Funcionamento

De posse de todos os componentes e dispositivos necessários para criação do protótipo, iniciaram as ligações e configurações, uma vez que o código já havia sido gravado no microcontrolador com o uso do PICKKIT2 ver item 4.4, o primeiro passo foi a acomodação das três fonte responsáveis pela alimentação do circuito na caixa plástica. Depois de efetuado as ligações das fontes, foi instalada uma chave de alimentação com intuito de facilitar o acionamento do circuito. Logo após a conexão dos cabos de alimentação foi feito a inserção de água no reservatório, já que a resistência utilizada não deve ser acionada ao ar livre, pois há risco de queima do componente.

Após a instalação e conexão dos componentes o sistema foi ligado, em seguida ao acionamento o microcontrolador executou o processamento dos comandos corretamente, uma vez que o display já exibia o valor da temperatura. Para que não restasse dúvida quanto ao valor aferido pelo sensor LM35 e convertido através do conversor A/D, a temperatura foi aferida com termômetro externo que indicou a mesma temperatura demonstrada no display.

A imagem da figura 5.10 ilustra o protótipo desenvolvido.



**Figura 5.10 – Imagem do Protótipo**

(Fonte: Autor)

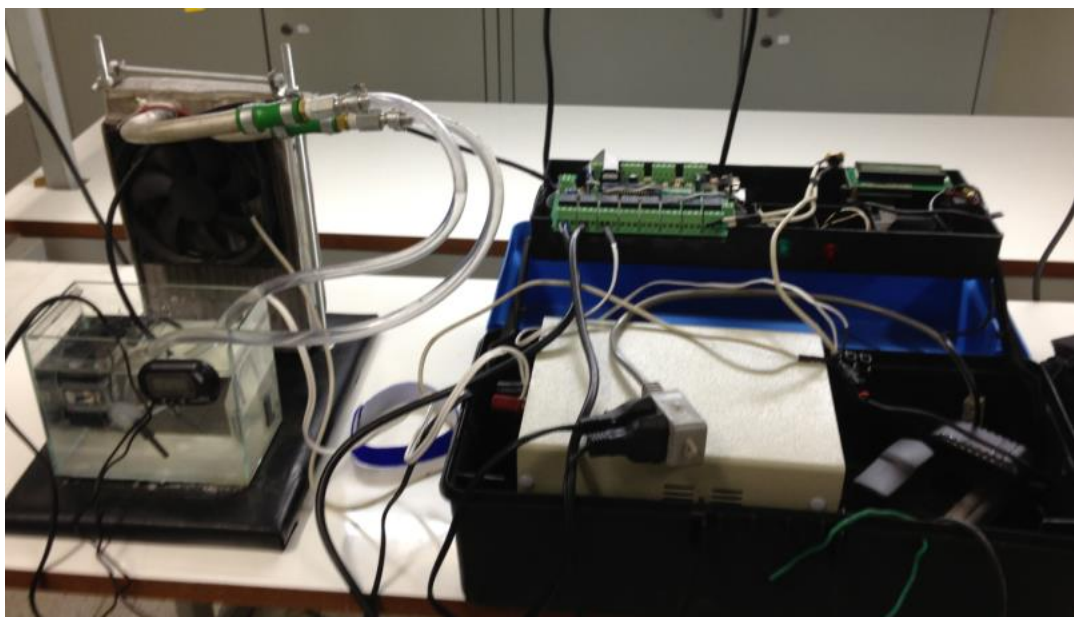
### 5.3.1 - Testes e Resultados

Tendo em vista que todas as ligações necessárias ao funcionamento do protótipo já haviam sido feitas, foi dado início aos testes, após a ativação do sistema, o sensor efetuou a leitura, o microcontrolador processou os dados e indicou no visor do display a temperatura de 25°C, o que levou ao acionamento imediato do sistema responsável pelo aquecimento do líquido. Assim que o contato foi fechado pelo relé, liberando a passagem de corrente elétrica a resistência entrou em funcionamento levando cerca de três minutos e vinte e cinco segundos para elevar a temperatura à 30°C, o que ocasiono o desligamento do sistema de aquecimento. Porém, mesmo com desligamento da resistência, a temperatura continuou aumentando, chegando à 33°C, o que acarretou no acionamento da sirene e do sistema de resfriamento, corrigindo a temperatura imediatamente.

Do teste realizado, foi possível observar que a resistência leva cerca de trinta e cinco segundos para resfriar, após o seu desligamento. Vale ressaltar que a ação gerada durante a perda de calor da resistência, após seu desligamento, não trouxe nenhum prejuízo a este projeto, uma vez o protótipo desenvolvido não tem foco específico à determinada espécie de peixe.

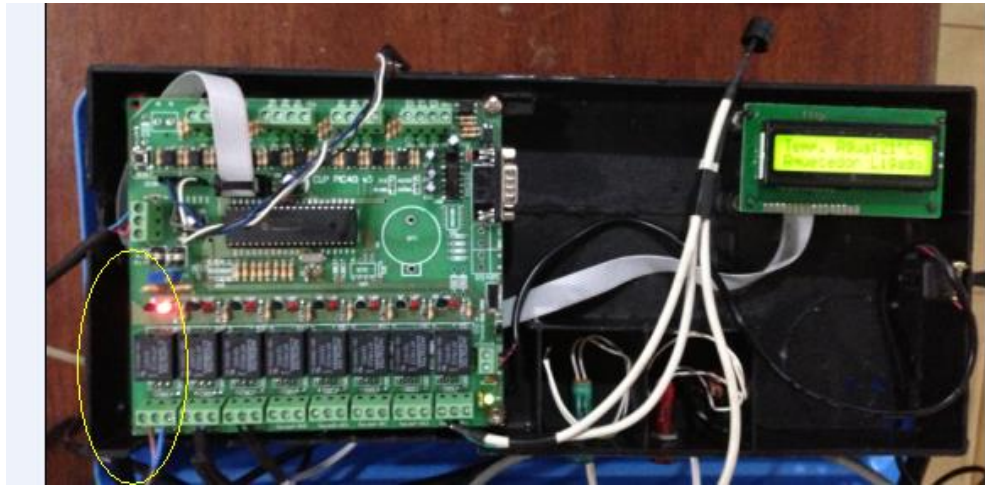
Foram realizados testes de forma exaustiva, permitindo a constatação de que o sistema está desempenhando com êxito o objetivo proposto.

Nas figuras 5.11, 5.12 e 5.13 são mostradas imagens do teste realizado.



**Figura 5.11 – Imagem do Protótipo em Teste**

**(Fonte: Autor)**



**Figura 5.12 – Placa com Resistência Acionada**

(Fonte: Autor)



**Figura 5.13 – Imagem Realizada Durante os Testes**

(Fonte: Autor)



## 5.4 – Dificuldades

As maiores dificuldades durante a implementação do projeto foram: a programação, o erro de leitura da temperatura, o sensor de temperatura, o kit CLP.

A linguagem de programação escolhida inicialmente foi o MIKRO C, porém, após algumas tentativas que culminavam na geração de erros, talvez pelo fato de que o compilador MIKRO C possui diversas bibliotecas prontas para uso, mas em códigos fechado, o que inviabilizou a utilização. Depois de migrar o PIC C COMPILER os testes começaram a lograr êxito o que ensejou na sua utilização.

Neste protótipo o sensor LM35 fica submerso na água do reservatório, um dos problemas apresentados foi a queima do sensor, possivelmente causado por má vedação, ou contato interno entre as soldas feitas no sensor. Este problema foi solucionado com a substituição do sensor por outro novo e o total isolamento com silicone industrial.

Outro problema que exigiu especial atenção foi o erro de leitura do sensor após acionamento do sistema. Assim que o sistema era acionado, o sensor efetuava a leitura e o resultado exibido no display não condizia com a real temperatura do sistema, uma vez que também existia um termômetro externo aferindo a temperatura. Este problema foi solucionado com a solda de resistor de 1500  $\Omega$  Ohms na placa do circuito com a finalidade de servir como resistor de carga para o LM35 na entrada AN0/RA0 do microcontrolador PIC, pois durante o tempo que a conversão analógica digital ocorria, cerca de um segundo, a porta de entrada do sinal AN0/RA0 ficava sem nível lógico definido, coletando ruídos.

A placa controladora adquirida inicialmente não funcionou como esperado, pois os programas fornecidos pelo fabricante para teste do equipamento não funcionavam. O problema foi solucionado com o envio do esquemático da placa, facilitando o entendimento de toda sua estrutura.

## 5.5 – Custos

Durante o desenvolvimento do projeto foi necessário realizar a compra de diversos componentes e dispositivos os quais foram demonstrados no capítulo quatro, com intuito de reduzir os gastos foram adquiridos produtos eletrônicos de fácil localização no mercado e baixo custo. No quadro 5 é mostrado o valor médio total dos gastos com discriminação por item.

**Quadro 5 – Preços Dos Produtos Adquiridos**

Descrição Do Objeto	Quantidade	Valor
MICROCONTROLADOR PIC16F877A	2	R\$ 24,00
KIT CPL PIC40-V3	1	R\$ 200,00
DISPLAY LCD	1	R\$ 19,00
KIT PICK2	1	R\$ 100,00
SENSOR LM35	3	R\$ 15,00
RESERVATÓRIO	1	R\$ 40,00
CAIXA PLÁSTICA	1	R\$ 50,00
RADIADOR	1	R\$ 120,00
COOLER	1	R\$ 15,00
BOMBA	1	R\$ 35,00
RESISTÊNCIA	2	R\$ 30,00
SIRENE	1	R\$ 10,00
FONTE ALIMENTAÇÃO 12V 10A	1	R\$ 135,00
FONTE ALIMENTAÇÃO 12V 1A	2	R\$ 20,00
TERMÔMETRO DIGITAL	1	R\$ 25,00
Valor Total		R\$ 838,00

**Fonte: Autor**



## **CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO**

### **6.1 - Conclusões**

Este projeto teve como finalidade o desenvolvimento e a criação de um sistema de controle de temperatura automatizado para aquários, onde o protótipo desenvolvido deve manter a temperatura d'água do aquário dentro de uma faixa predeterminada, obedecendo a valores médios de temperatura onde algumas espécies de peixes ornamentais vivem.

Após a realização de vários testes, atingindo o êxito esperado, conclui-se que o objetivo principal do projeto foi alcançado. O protótipo desenvolvido é capaz de manter a temperatura do líquido do reservatório entre 26°C e 30°C. É importante ressaltar que durante a ação externa para verificação da eficácia do sistema a temperatura atingiu valores fora do estabelecido, sendo corrigidos alguns minutos após início do funcionamento do sistema.

O circuito responsável pelos acionamentos dos relés funcionou corretamente, seguindo todas as instruções que foram programadas e gravadas na memória do microcontrolador PIC, os comandos foram realizados na íntegra, o acionamento da resistência ocorreu dentro da faixa de temperatura prevista, assim como o sistema que resfriamento.

O protótipo construído é um projeto acadêmico, desenvolvido de forma artesanal, sem finalidades comerciais e por este motivo, necessita de ajustes para ser produzido em série.

### **6.2 - Sugestões para Trabalhos Futuros**

O sistema de controle de temperaturas para aquários desenvolvido neste projeto cumpre com proposto, ainda assim, há algumas maneiras de aperfeiçoar ou até mesmo incrementar mais funcionalidades que venham a trazer mais benefícios aos criadores de peixes ornamentais. Como proposta de implementação para trabalhos futuros, o adicionamento de um teclado numérico onde o criador pudesse definir os valores de máxima e mínima em que o sistema trabalharia.

A segunda proposta de melhoria é o acréscimo de um sensor que seja capaz de verificar a acidez da água, monitorando-a constantemente, trazendo mais segurança e comodidade ao dono do aquário.

A terceira proposta é o desenvolvimento de um sistema que disponibilizasse as informações coletadas no aquário para um usuário remoto, de forma que o criador pudesse acessá-las de qualquer local conectado a internet, enquanto estivesse trabalhando ou mesmo viajando.

Outra sugestão é a gravação de faixas de valores de temperaturas distintas, o que permitiria ao criador a possibilidade de escolher faixas de temperaturas diferentes para cada determinada espécie.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBACENA, Ilton L. e FLEURY, Claudio Afonso. Display LCD, disponível em:

<ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/ea079/complementos/lcd.pdf> (acessado em 08 de Junho de 2013).

BUENO, Rodrigo de Aragão. Simulação de sistema híbrido de aquecimento de água. Monografia de conclusão do curso de engenharia de computação, UniCEUB. Brasília, 2009.

CAETANO, Robson Luís. Sistema de controle automático para bombas de piscina comandado pela temperatura da água. Monografia de conclusão do curso de engenharia de computação, UniCEUB. Brasília, 2009.

DATASHEET LM35 – LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. Disponível em:

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf.html> . Acesso em: 09.junho 2013.

ESTRANY, SANTIAGO. ELETRICIDADE E ELETRODOMESTICOS. Editora: HEMUS - 2004 ISBN: 8528904962 Área: Eng. Elétrica, 2004.

FABICHAK, Douglas. Peixes de aquário: criação, alimentação, doenças, tratamento, espécies. 8ª Ed. – São Paulo: Nobel, 1985.

FILHO, Gastão da Fonseca Botelho, 1990 - O AQUÁRIO ORNAMENTAL, Ed. Nobel, 4 a. Reimpressão São Paulo-SP/Br.

IBAMA, disponível em: <http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas-recursos-pesqueiros/o-que-sao-peixes-ornamentais%E2%80%9D> (acessado em 05 de Junho de 2013).

INCROPERA, Frank P.; Dewitt, David P. Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC; 2003.

IST, Instituto Superior Tupy, Monografia: Sistema de Medição da Rede de Refrigeração Hidráulica Industrial (2009), disponível em <http://amigonerd.net/exatas/engenharia/monografia-sistema-de-monitoramento-de-rede-de-agua-industrial>. Acessado em 05/07/2013.

KREITH, F.; BOHN, M. S. Princípios de Transferência de Calor. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2003.

MANUAL CLP PIC40-V3 Copyright® 2009 – VW Soluções disponível em: <http://www.vwsolucoes.com/downloads.php#> necessário efetuar cadastro.

MICROCHIP Technology Inc. PIC16F87XA Data Sheet 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers. Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf> acessado em 06 Junho de 2013.

POTTER, Merle C.; SCOTT, Elaine. P. Ciências Térmicas: Termodinâmica, Mecânica dos fluidos e Transmissão de Calor. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2006.

RAMALHO, F. Os fundamentos da física: Eletricidade. 8. ed. São Paulo Editora Moderna, 2003.

SOUZA, David José e LAVINIA, Nicolás César. Conectando o PIC 16F877A: Recursos Avançados. 2ª. Ed. São Paulo: Érica, 2005.

SCHMIDT, Frank W.; HENDERSON, Robert E.; WOLGEMUTH Carl H. Introdução às Ciências Térmicas. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1996

TAVEIRA, Sanne B. Sistema de ventilação com resfriador de ar experimental. Monografia de conclusão do curso de engenharia da computação, UniCEUB. Brasília, 2008.

TIPLER, Paul A. - Física: Eletricidade e magnetismo: Volume 2. 4 ed. LTC, Riode Janeiro, 2000.

VALADARES, Fernando Carvalho. Sistema Para Controle De Fluxo E Armazenamento De Água Aquecida. Monografia de conclusão do curso de engenharia de computação, UniCEUB. Brasília, 2010.

WINSTAR. WH1602A Character 16X2. Disponível em:

[http://www.winstar.com.tw/products\\_detail\\_ov.php?lang=pt&ProID=21](http://www.winstar.com.tw/products_detail_ov.php?lang=pt&ProID=21) acessado em 09 Junho de 2013.

### **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

<ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/ea079/complementos/Lcd.pdf> (acessado em 08 de Junho de 2013)

[http://www.winstar.com.tw/products\\_detail.php?CID=17&lang=en](http://www.winstar.com.tw/products_detail.php?CID=17&lang=en) (acessado em 08 de Junho de 2013)

<http://www.arduinoecia.com.br/2013/03/display-lcd-winstar-wh1602a.html> (acessado em 08 de Junho de 2013)

<http://www.wazlawik.com.br/index.php/peixes.html> (acessado em 09 de Junho de 2013)

<http://www.dcc.fc.up.pt/~zp/aulas/9899/me/trabalhos/alunos/Aquarios/maistemperatura.html> (acessado em 09 de Junho de 2013)

<http://www.aquasn.com.br/p/0509/Atman+AT-301+Bomba+Submersa+-+250+l%252Fh+-+Coluna+dagua+de+0,65> (acessado em 09 de Junho de 2013)

<http://www.cinestec.com.br/ecommerce22/detalhes.aspx?cod=14728> (acessado em 09 de Junho de 2013)

[www.roboticasimples.com](http://www.roboticasimples.com) (acessado em 09 de Junho de 2013)

ZANCO, Wagner da Silva. Microcontroladores PIC 16F628A/648A: Uma Abordagem

Prática e Objetiva. 1ª. Ed. São Paulo: Érica, 2005.

ZANCO, Wagner da Silva. Microcontroladores PIC 16F628A/648A: Uma Abordagem Prática e Objetiva. 2ª. Ed. São Paulo: Érica, 2006.

## APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE EM C

/\*\*\*\*\*Trabalho de Conclusão de Curso\*\*\*\*\*/

Descrição:

Nome do arquivo: prj\_aquecedor.c

Versão:

Autor: ADAMS MOURÃO ARAUJO

Micro utilizado: PIC16F877A

Compilador: IDE PCW C Compiler versão 3.43 CCS

Ambiente de simulação: ISIS Proteus 7.8SP2

Data de criação: abril 2013

UpDate:

\*\*\*\*\*/

```
#include <16f877.h>           //Inclui a biblioteca p/ o microcontrolador PIC16F877.
#define adc=10                //Utiliza o conversor AD com resolução de 10 bits.
#define delay (clock=4000000) //Cristal oscilador 4Mhz.
#define fuses xt, put, brownout, nowdt, noprotect, nodebug, nolvp
//#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7) //9600bps, tx pino RC6, rx pino RC7.
#include <mod_lcd_clp.h>       //Biblioteca do módulo LCD.
```

/\*\*\*\*\*Definições dos pinos do PIC\*\*\*\*\*/

```
//Configuração da Placa CLP PIC40-v3.
```

```
//Pino RA0 entrada do sensor de temperatura LM35. Jumper J2 e Jumper 0-5V fechado.
```

```
//Display LCD 2x16 conectado no Port B.
```

```
//Pino DB4 do LCD no pino RB0.
```

```
//Pino DB5 do LCD no pino RB1.
```

```
//Pino DB6 do LCD no pino RB2.
```

//Pino DB7 do LCD no pino RB3.

//Pino RS do LCD no pino RB4.

//Pino ENABLE do LCD no pino RB5.

#define Aquecedor pin\_C0//Pino RC0 saída p/ acionamento do aquecedor. Saída 1 na CLP.

#define Ventoinha pin\_C1//Pino RC1 saída p/ acionamento do cooler. Saída 3 na CLP.

#define Bomba\_Dagua pin\_C2//Pino RC2 saída p/ acionamento da bomba de água. Saída 2 na CLP.

#define Sirene pin\_C5//Pino RC2 saída p/ acionamento da sirene. Saída 8 na CLP.

#use fast\_io (a) //Inicialização rápida dos pinos de I/O.

#use fast\_io (b)

#use fast\_io (c)

#use fast\_io (d)

#use fast\_io (e)

#byte port\_a = 0x05

#byte port\_b = 0x06

#byte port\_c = 0x07

#byte port\_d = 0x08

#byte port\_e = 0x09

/\*\*\*\*\*Declaração das variáveis utilizadas no programa\*\*\*\*\*/

float Valor\_Temp, Leitura\_Temp;

/\*\*\*\*\*Função p/ leitura da temperatura\*\*\*\*\*/

void Sensor\_Temp()

{

setup\_adc\_ports(ALL\_ANALOG); //Configura o ADC p/ pinos analógicos.



```
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); //ADC com clock interno.
```

```
set_adc_channel(0); //Leitura da coleta de dados em RA0.
```

```
delay_ms(10); //Tempo necessário p/ estabilizar as configurações ADC.
```

```
Leitura_Temp = read_adc();
```

```
Valor_Temp = Leitura_Temp * 100 * (5.0/1024.0); //Atribui à variável a leitura do canal ADC  
0.
```

```
lcd_pos_xy(1,1); //Posiciona o cursor na coluna 1, linha 1.
```

```
printf(lcd_escreve, "Temp. Agua:%1.0f\xDFC", Valor_Temp); //Mostra o valor da temp.  
na linha 1 do LCD.
```

```
delay_ms(1000); //Tempo entre as leituras da coleta de dados.
```

```
}
```

```
/******Função Principal******/
```

```
void main()
```

```
{
```

```
set_tris_B(0b00000000); //Configura RB<7:0> como saídas.
```

```
set_tris_C(0b00000000); //Configura RC<7:0> como saídas.
```

```
set_tris_D(0b00000000); //Configura RD<7:0> como saídas.
```

```
set_tris_E(0b00000000); //Configura RE<2:0> como saídas.
```

```
output_b(0x00); //Limpa o Port B.
```

```
output_c(0x00); //Limpa o Port C.
```

```
output_d(0x00); //Limpa o Port D.
```

```
output_e(0x00); //Limpa o Port E.
```

```
lcd_ini(); //Função de inicialização do módulo LCD.
```

```
lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
```

```
lcd_pos_xy(4,1); //Posiciona o cursor na coluna 4, linha 1.
```

```
printf(lcd_escreve, "Trabalho de "); //Mostra mensagem na linha 1 do LCD.
```

```

lcd_pos_xy(2,2); //Posiciona o cursor na coluna 2, linha 2.
printf(lcd_escreve, "Conclusao Curso"); //Mostra mensagem na linha 2 do LCD.
delay_ms(2000); //Mostra a mensagem por 2s.

lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.

do
{
    Sensor_Temp(); //Chama função p/ leitura da temperatura.

    if(Valor_Temp <= 26) //Se o valor da temperatura menor que 26°...
    {
        lcd_pos_xy(1,2); //...posiciona o cursor na coluna 1, linha 2...
        printf(lcd_escreve, "Aquecedor Ligado"); //...mostra mensagem na linha 2 do LCD...
        output_high(Aquecedor); //...liga o aquecedor...
        delay_ms(50); //...aguarda 50ms p/ os pinos do PIC estabilizarem-se...

        output_low(Ventoinha); //...ventoinha de arrefecimento desligada...
        delay_ms(50); //...aguarda 50ms p/ os pinos do PIC estabilizarem-se...

        output_low(Bomba_Dagua); //...bomba d'água desligada...
        delay_ms(50); //...aguarda 50ms p/ os pinos do PIC estabilizarem-se...
    }

    if(Valor_Temp >= 30) //Senão se o valor da temperatura maior ou igual a 30°...
    {
        lcd_pos_xy(1,2); //...posiciona o cursor na coluna 1, linha 2...
        printf(lcd_escreve, "Aquecedor Deslig"); //...mostra mensagem na linha 2 do LCD...

        output_low(Aquecedor); //...aquecedor desligado...
        delay_ms(50); //...aguarda 50ms p/ os pinos do PIC estabilizarem-se...

        output_low(Sirene); //...sirene desligada...
        delay_ms(50); //...aguarda 50ms p/ os pinos do PIC estabilizarem-se...
    }
}

```

```

output_high(Ventoinha); //...ventoinha de arrefecimento ligada...
delay_ms(50); //...aguarda 50ms p/ os pinos do PIC estabilizarem-se...

output_high(Bomba_Dagua); //...bomba d'água ligada...
delay_ms(50); //...aguarda 50ms p/ os pinos do PIC estabilizarem-se.
}

else if(Valor_Temp <= 29) //Senão se o valor da temperatura menor que 29°...
{
output_low(Ventoinha); //...ventoinha de arrefecimento desligada...
delay_ms(50); //...aguarda 50ms p/ os pinos do PIC estabilizarem-se...

output_low(Bomba_Dagua); //...bomba d'água desligada...
delay_ms(50); //...aguarda 50ms p/ os pinos do PIC estabilizarem-se...

output_low(Sirene); //...sirene desligada...
delay_ms(50); //...aguarda 50ms p/ os pinos do PIC estabilizarem-se.
}

if(Valor_Temp >= 33) //Se o valor da temperatura maior ou igual a 30°...
{
output_high(Sirene); //...liga a sirene de alerta...
delay_ms(50); //...aguarda 50ms p/ os pinos do PIC estabilizarem-se...

output_high(Ventoinha); //...ventoinha de arrefecimento ligada...
delay_ms(50); //...aguarda 50ms p/ os pinos do PIC estabilizarem-se...

output_high(Bomba_Dagua); //...bomba d'água ligada...
delay_ms(50); //...aguarda 50ms p/ os pinos do PIC estabilizarem-se...

lcd_escreve("\f"); //...limpa o LCD...
lcd_pos_xy(5,2); //...posiciona o cursor na coluna 5, linha 2...
printf(lcd_escreve, "Alerta!!!"); //...mostra mensagem na linha 2 do LCD...

```

```
delay_ms(2000); //...mantém a mensagem no LCD por 2s...

lcd_escreve("\f"); //...limpa o LCD...
lcd_pos_xy(1,2); //...posiciona o cursor na coluna 1, linha 2...
printf(lcd_escreve, "Temperatura Alta");    //...mostra nova mensagem na linha 2 do
LCD...
delay_ms(2000); //...mantém a mensagem no LCD por 2s.
}

}while(TRUE);
}    //Fim da função void main.

/*****/
```

## APÊNDICE B – BIBLIOTECA DISPLAY LCD EDITADO

/\*\*\*\*\*MOD\_LCD.C - Biblioteca de manipulação de módulo LCD\*\*\*\*\*/

Autor: Fábio Pereira

Esta biblioteca foi modificada para utilizar os pinos do Port B do PIC16F877  
no módulo LCD 2x16:

Pino DB4 do LCD no pino RB0.

Pino DB5 do LCD no pino RB1.

Pino DB6 do LCD no pino RB2.

Pino DB7 do LCD no pino RB3.

Pino RS do LCD no pino RB4.

Pino ENABLE do LCD no pino RB5.

Pino RW ligado ao pino (não utilizado).

\*\*\*\*\*/

// As definições a seguir são utilizadas para acesso aos pinos do display

// caso o pino RW não seja utilizado, comente a definição lcd\_rw

#ifndef lcd\_enable

    //#define lcd\_rw        pin\_b6 //pino rw do LCD

    #define lcd\_enable  pin\_b5 // pino enable do LCD

        #define lcd\_rs            pin\_b4 // pino rs do LCD

    #define lcd\_d7                pin\_b3 // pino de dados db7 do LCD

    #define lcd\_d6                pin\_b2 // pino de dados db6 do LCD

    #define lcd\_d5                pin\_b1 // pino de dados db5 do LCD

        #define lcd\_d4                pin\_b0 // pino de dados db4 do LCD

#endif

#define lcd\_type 2        // 0=5x7, 1=5x10, 2=2 linhas

#define lcd\_seg\_lin 0x40  // Endereço da segunda linha na RAM do LCD

// a constante abaixo define a sequência de inicialização do módulo LCD

```
byte CONST INI_LCD[4] = {0x20 | (lcd_type << 2), 0xf, 1, 6};
```

```
byte lcd_le_byte()
```

```
// lê um byte do LCD (somente com pino RW)
```

```
{
```

```
    byte dado;
```

```
    // configura os pinos de dados como entradas
```

```
    input(lcd_d4);
```

```
    input(lcd_d5);
```

```
    input(lcd_d6);
```

```
    input(lcd_d7);
```

```
    // se o pino rw for utilizado, coloca em 1
```

```
    #ifdef lcd_rw
```

```
        output_high(lcd_rw);
```

```
    #endif
```

```
    output_high(lcd_enable); // habilita display
```

```
    dado = 0;    // zera a variável de leitura
```

```
    // lê os quatro bits mais significativos
```

```
    if (input(lcd_d7)) bit_set(dado,7);
```

```
    if (input(lcd_d6)) bit_set(dado,6);
```

```
    if (input(lcd_d5)) bit_set(dado,5);
```

```
    if (input(lcd_d4)) bit_set(dado,4);
```

```
    // dá um pulso na linha enable
```

```
    output_low(lcd_enable);
```

```
    output_high(lcd_enable);
```

```
    // lê os quatro bits menos significativos
```

```
    if (input(lcd_d7)) bit_set(dado,3);
```

```
    if (input(lcd_d6)) bit_set(dado,2);
```

```
    if (input(lcd_d5)) bit_set(dado,1);
```

```
    if (input(lcd_d4)) bit_set(dado,0);
```

```
    output_low(lcd_enable);    // desabilita o display
```

```
    return dado;    // retorna o byte lido
```

```
}
```

```

void lcd_envia_nibble( byte dado )
// envia um dado de quatro bits para o display
{
    // coloca os quatro bits nas saidas
    output_bit(lcd_d4,bit_test(dado,0));
    output_bit(lcd_d5,bit_test(dado,1));
    output_bit(lcd_d6,bit_test(dado,2));
    output_bit(lcd_d7,bit_test(dado,3));
    // dá um pulso na linha enable
    output_high(lcd_enable);
    output_low(lcd_enable);
}

void lcd_envia_byte( boolean endereco, byte dado )
{
    // coloca a linha rs em 0
    output_low(lcd_rs);
    // aguarda o display ficar desocupado
    //while ( bit_test(lcd_le_byte(),7) ) ;
    // configura a linha rs dependendo do modo selecionado
    output_bit(lcd_rs,endereco);
    delay_us(100);      // aguarda 100 us
    // caso a linha rw esteja definida, coloca em 0
    #ifdef lcd_rw
        output_low(lcd_rw);
    #endif
    // desativa linha enable
    output_low(lcd_enable);
    // envia a primeira parte do byte
    lcd_envia_nibble(dado >> 4);
    // envia a segunda parte do byte
    lcd_envia_nibble(dado & 0x0f);
}

```

```
}
```

```
void lcd_ini()
```

```
// rotina de inicialização do display
```

```
{
```

```
    byte conta;
```

```
    output_low(lcd_d4);
```

```
    output_low(lcd_d5);
```

```
    output_low(lcd_d6);
```

```
    output_low(lcd_d7);
```

```
    output_low(lcd_rs);
```

```
    #ifdef lcd_rw
```

```
        output_high(lcd_rw);
```

```
    #endif
```

```
    output_low(lcd_enable);
```

```
    delay_ms(15);
```

```
    // envia uma seqüência de 3 vezes 0x03
```

```
    // e depois 0x02 para configurar o módulo
```

```
    // para modo de 4 bits
```

```
    for(conta=1;conta<=3;++conta)
```

```
    {
```

```
        lcd_envia_nibble(3);
```

```
        delay_ms(5);
```

```
    }
```

```
    lcd_envia_nibble(2);
```

```
    // envia string de inicialização do display
```

```
    for(conta=0;conta<=3;++conta) lcd_envia_byte(0,INI_LCD[conta]);
```

```
}
```

```
void lcd_pos_xy( byte x, byte y)
```

```
{
```

```
    byte endereco;
```

```
    if(y!=1)
```



```

        endereco = lcd_seg_lin;
    else
        endereco = 0;
        endereco += x-1;
        lcd_envia_byte(0,0x80|endereco);
    }

```

```

void lcd_escreve( char c)
// envia caractere para o display
{
    switch (c)
    {
        case '\f'    :    lcd_envia_byte(0,1);
                           delay_ms(2);
                           break;

        case '\n'    :

            case '\r'    :    lcd_pos_xy(1,2);
                           break;

        case '\b'    :    lcd_envia_byte(0,0x10);
                           break;

        default      :    lcd_envia_byte(1,c);
                           break;

    }
}

```

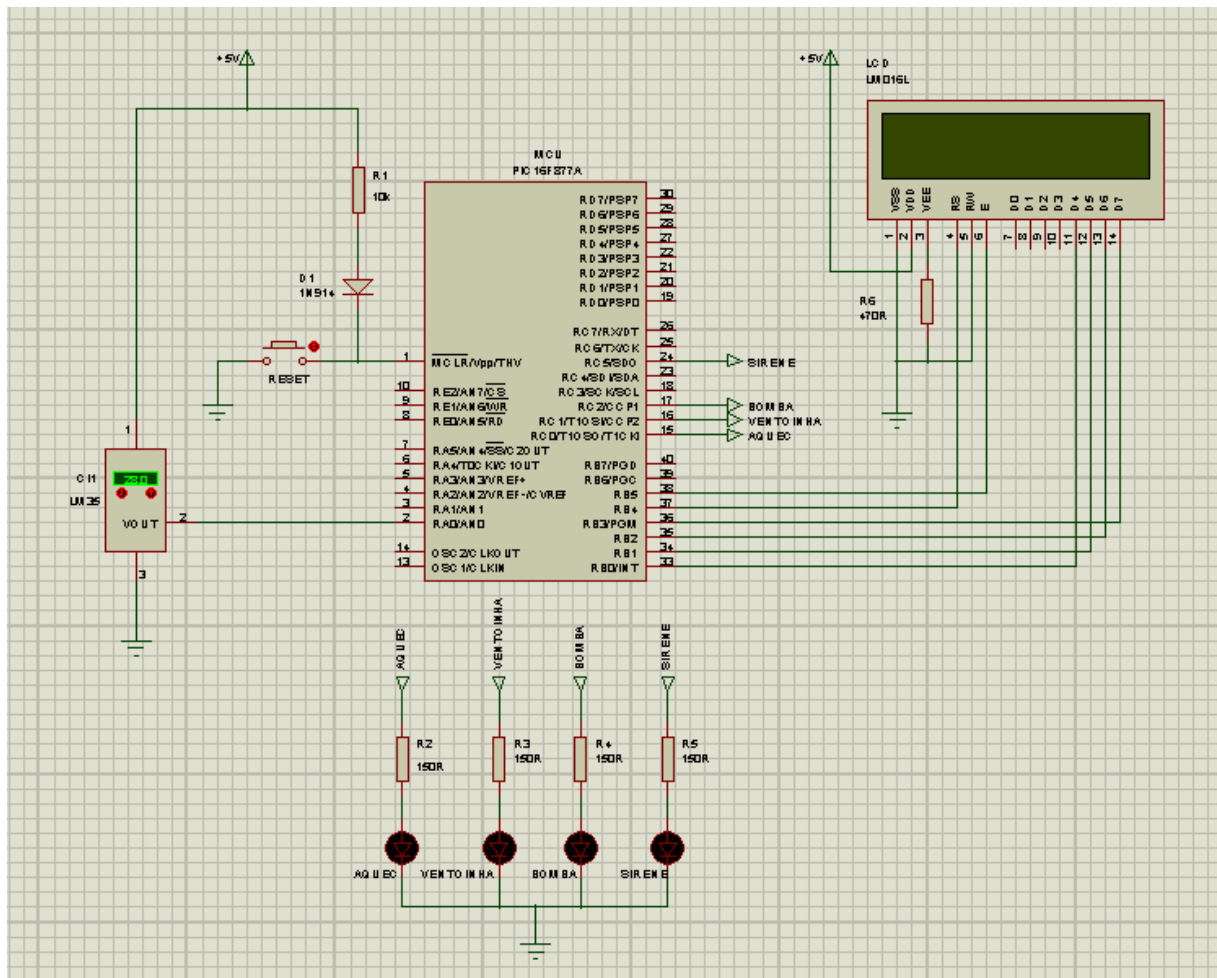
```

char lcd_le( byte x, byte y)
// le caractere do display
{
    char valor;
    // seleciona a posição do caractere
    lcd_pos_xy(x,y);
    // ativa rs
    output_high(lcd_rs);
    // lê o caractere

```

```
valor = lcd_le_byte();  
// desativa rs  
output_low(lcd_rs);  
// retorna o valor do caractere  
return valor;  
}
```

## APÊNDICE C – ESQUEMA DO PROTÓTIPO NO SOFTWARE PROTEUS



Esquema Do Protótipo